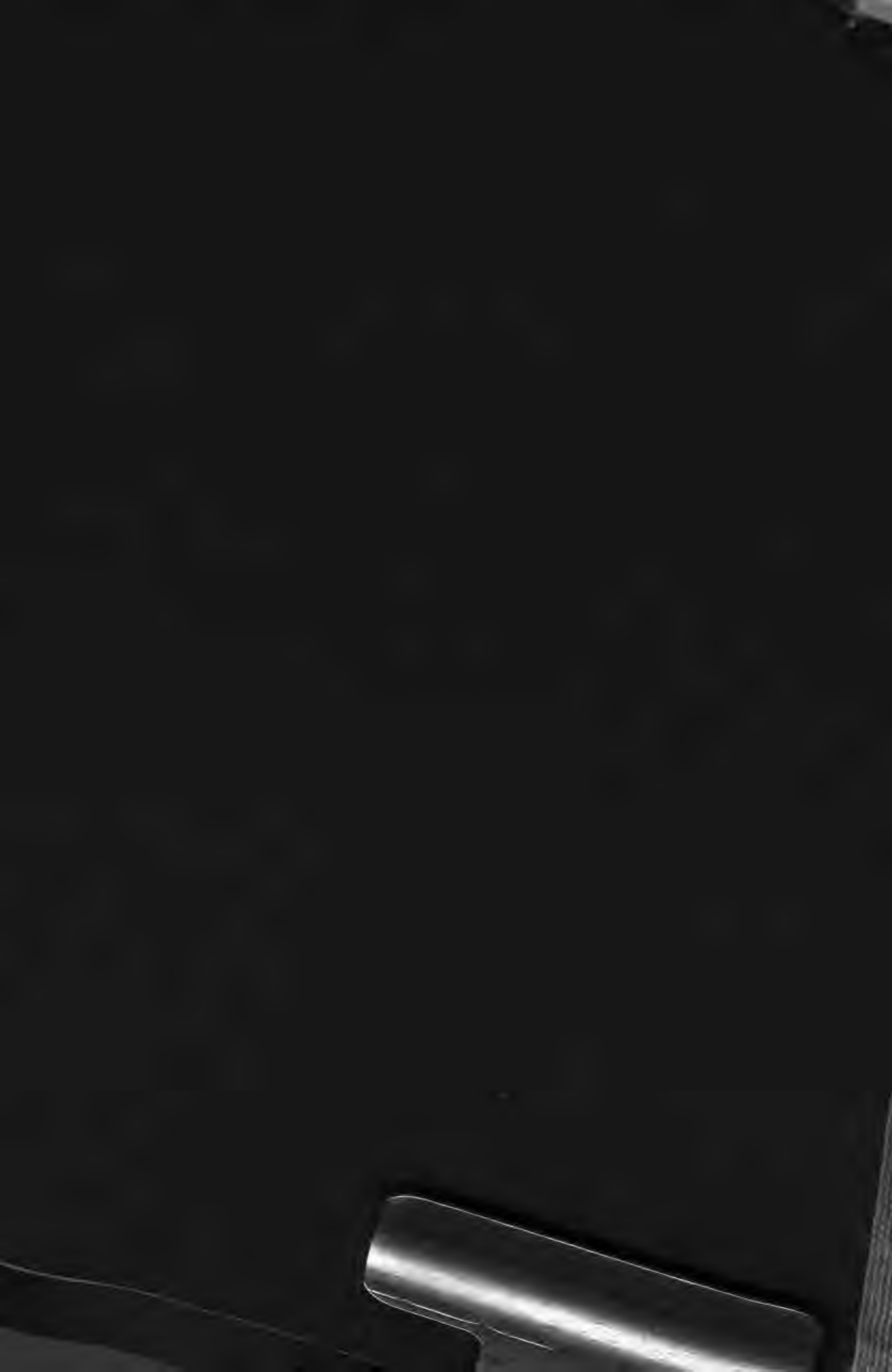


Beiträge zur Kenntnis
der
gesteinsbildenden Biotite
vorwiegend aus Paragneisen.

(Mit besonderer Berücksichtigung ihres Chemismus.)

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Philosophischen Doktorwürde

vorgelegt der

Hohen Philosophischen Fakultät

(mathematisch-naturwissenschaftliche Sektion)

der

Universität Zürich

von

Paul Seidel

aus Leipzig.

Begutachtet von Herrn Prof. Dr. U. Grubenmann.



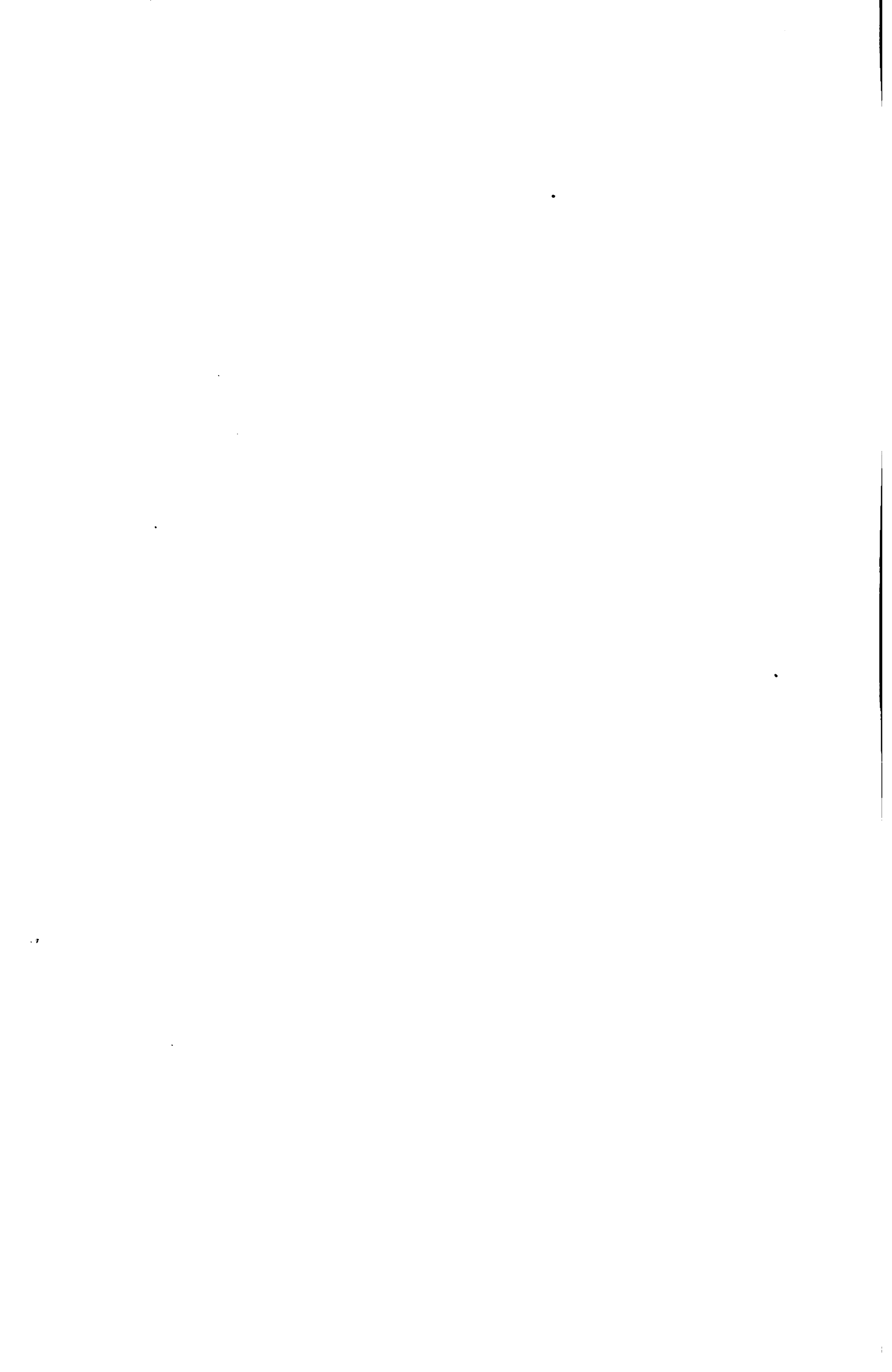
Borna-Leipzig

Buchdruckerei Robert Noske

1905.

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet.



Die vorliegenden chemischen und petrographischen Untersuchungen wurden im Laboratorium des mineralogisch-petrographischen Instituts des eidgenössischen Polytechnikums in Zürich ausgeführt. Die Anregung zu dieser Arbeit wurde mir von meinem verehrten Lehrer Herrn Professor Dr. U. Grubenmann gegeben. Es sei mir gestattet, ihm, sowie Fräulein Dr. Hezner für die mir stets gewährte freundliche Unterstützung bei der Ausführung dieser Arbeit meinen verbindlichsten Dank auszusprechcn.

Inhaltsverzeichnis.

A.

Einleitung.

Wenn man die gesteinsbildenden Mineralien betrachtet, so ist es wohl die Gruppe der Glimmer, welche unter den Silikaten eine besonders wichtige Stellung einnimmt. Ihre Wichtigkeit verdankt diese interessante Familie nicht allein ihrer großen Verbreitung in Massengesteinen und kristallinen Schiefern, sondern auch ihren charakteristischen physikalischen Eigenschaften. Der hohe Glanz, die vorzügliche Spaltbarkeit und nicht zu allerletzt die Farbe lassen dieses blättrige und elastisch biegsame Mineral meist schon makroskopisch erkennen. Über die Kristallgestalt der Glimmer war man lange Zeit im Zweifel. Erst die eingehenden optischen Untersuchungen der letzten Jahrzehnte haben ihren monoklinen Habitus gesichert. Anders ist es mit der chemischen Zusammensetzung. Trotz der genannten besonderen physikalischen Charaktere, welche allen Glimmern eigen sind und sie als natürliche Familie von den andern Mineralien unterscheiden, zeigt sich doch in bezug auf den Chemismus eine ziemliche Schwankung.

Die Tatsache, daß eine Variation in der chemischen Zusammensetzung nicht nur der Familie, sondern auch allen ihren Gliedern eigen ist, erkannte schon Tscher-

mak,[1]) der sich zuerst mit dem Chemismus und der Formulierung der Glimmergruppe eingehender beschäftigt hat. Er faßt die einzelnen Glieder zunächst als isomorphe Mischungen von 3 grundlegenden Molekülen auf, die sich in einfachere Moleküle spalten und infolgedessen auch nur teilweise in den Glimmern enthalten sein können. Wichtig sind ferner die Untersuchungen von Rammelsberg,[2]) der die Glimmer als Mischung verschiedener molekularer Verhältnisse ansieht und sie in eine Alkali- und eine Ferromagnesiumgruppe einteilt. F. W. Clarke[3]) endlich betrachtet die Glimmer als Substitutionsprodukte des Aluminiumorthosilikates $Al_4(SiO_4)_3$, indem das Aluminiumatom nach und nach ersetzt wird durch die einwertigen Atome **H**, **K**, Na, Li, und die zweiwertigen **Fe**, Mn, Mg, Ca; Fe''' tritt direkt für **Al** ein. Diese Auffassung von Clarke hat für die Erklärung der Genesis einiger Glimmer, vor allem des Muskovits, große Vorteile. Sie zeigt nämlich teilweise Analogien sowohl mit der Feldspatgruppe, als auch mit den glimmerähnlichen Mineralien (Chloride, Vermiculite usw.), während sich die Annahmen von Tschermak und Rammelsberg auf die Existenz hypothetischer Mischungen stützen, die man bis jetzt noch nicht in der Natur gefunden hat. Die Verschiedenheit der Zusammensetzung der Glimmer wird am besten durch die von Tschermak vorgeschlagenen Moleküle veranschaulicht werden. Jedoch gestatten dieselben nicht, den in vielen Biotiten aus Gneisen relativ hohen Gehalt an Alkalien

---

[1]) Tschermak, Glimmergruppe II. Teil Bd. 77. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissenschaften Juniheft 1878.

[2]) Rammelsberg, Sitzungsber. Akademie Berlin, 14. Febr. 1889.

[3]) F. W. Clarke, Konstitution der Silikate, Groths Zeitschr. f. Kristallographie. Bd. 28. 1897. S. 328.

und chemisch gebundenem Wasser bei der Formulierung vollständig zu berücksichtigen. Formuliert man aber die Glimmer nach F. W. Clarke als Substitutionsprodukt des normalen Salzes $Al_4 (SiO_4)_3$, so lassen sich bei der Annahme, daß die überschüssigen Sauerstoffverhältnisse in den einwertigen Gruppen MgOH, AlO usw. gebunden sind, meist sämtliche Metallatome in eine Formel unterbringen. Diese Auffassung wird unterstützt von P. Groth.[1]) Ich berechnete daher die behandelten Biotite sowohl nach Tschermak, als auch nach Clarke.

Die vorliegende Arbeit hat den Zweck, einen weiteren Beitrag zu liefern zur Kenntnis der gesteinsbildenden Biotite. Bekanntlich ist der Biotit der Hauptrepräsentant der Magnesiumglimmer. Nachdem bereits Hans Hirschi in seiner 1901 erschienenen Dissertation[2]) genauere chemische Untersuchungen an Biotiten aus Massengesteinen bekannt gegeben hat, lag der Gedanke nahe, den Chemismus des Biotits aus kristallinen Schiefern näher zu untersuchen und mit obigen Resultaten zu vergleichen. Zwar hat das massenhafte Auftreten des Biotits in sehr verbreiteten und mächtig entwickelten Gesteinsformen, wie Granit, Gneis, Phyllit, Tonschiefer usw., schon frühzeitig Anlaß zur chemischen Untersuchung dieses petrogenetisch nicht unbedeutenden Minerals gegeben; doch sind die in der Literatur verzeichneten Analysen teils durch die Unreinheit des untersuchten Materials, teils durch veraltete quantitative Bestimmungsmethoden, vielleicht zum Teil auch durch

[1]) P. Groth, Tableau Systém. des Minéraux Einleitung z. Klasse d. Silikate 1904. S. 105/6.

[2]) Hans Hirschi, Beiträge zur Kenntnis der gesteinsbildenden Biotite und ihrer Beziehung zum Gestein. Diss. Zürich 1901.

Mangel an Sorgfalt wenig zuverlässig. Daher habe ich auch nur wenige in der Literatur verzeichnete ältere Analysen als Vergleichsmaterial benutzt, da mir in erster Linie daran lag, nur genaue Analysen in Betracht zu ziehen. Von den 6 von Hirschi bearbeiteten Glimmern sind 5 Biotite aus Massengesteinen, einer hingegen ist einem Biotitgneis, einem umgewandelten Massengesteine, entnommen worden. Von mir wurde nur ein Biotit bearbeitet, der seine Entstehung einem Massengestein verdankt, während die übrigen 5 aus sedimentogenen Gneisen stammen. Somit sind gute Übergänge vorhanden und bildet diese Arbeit eine Fortsetzung und Erweiterung der ersteren. — Um die Glimmer eventuell in Beziehung zu bringen mit der Genesis der Gesteine, wurden diese ebenfalls analysiert. Als nicht direkt in den engern Rahmen dieser Arbeit gehörig, nur veranlaßt durch ihre gute Ausbildung, Frische und Reinheit, wurden ferner der Granat aus dem Biotit-Granatgestein von Schneeberg und der Muskovit aus dem Zweiglimmergneis vor Breiteben einer quantitativen Analyse unterworfen. Sämtliches zu den Ausführungen nötige Gesteinsmaterial wurde mir von Herrn Professor Grubenmann freundlichst zur Verfügung gestellt, wofür ich an dieser Stelle nochmals bestens danke.

B.

a) Isolierung.

Um zunächst für die Gesteinsanalyse eine gute Durchschnittsprobe zu erhalten, werden die etwa faustgroßen Gesteinsstücke auf einer gehärteten Stahlplatte mit einem guten Stahlhammer zu etwa erbsengroßen Gesteinspartikeln zerkleinert. Hiervon wurden etwa 3 g im Achatmörser zu mehlstaubfeinem Pulver verrieben, um damit die Analyse sowie die Wasserbestimmung des Gesteins auszuführen.

Zur Abtrennung des Glimmers ließen sich dann die übrigen Gesteinssplitter verwenden und kleinere Portionen zunächst wiederum auf der Stahlplatte zu einem pulverig-feinkörnigen Material zerschlagen. Es ist hierbei von Vorteil, diese Splitter möglichst vorsichtig zu zerkleinern, daß man eigentlich mehr von zerquetschen reden kann, um dabei nicht unnötigerweise zu viele von den in Sedimentgneisen meist parallel gelagerten Glimmerblättchen zu zermalmen. So erhält man ein grobpulverig-blätteriges Gemenge. Nach mehrmaligem Schlemmen resultiert ein kleinkörnig-blättriges Gemisch, das schon ziemlich reich an Glimmern ist. Diese sind in manchen Gneisen ziemlich fest mit den übrigen Gesteinsgemengteilen verwachsen, und es ist im Interesse einer rationellen Ausbeute vorteilhaft, das Zerschlagen und Schlemmen zu wiederholen. Hierauf folgt die Abtrennung des Glimmers mittelst der Patea. Dieselbe wird bekanntlich in der Goldwäscherei seit langer Zeit verwendet. Man gibt kleine Portionen von dem glimmerreichen Material in dieselbe und übergießt mit etwas

Wasser. Indem man jetzt rotierende Bewegungen ausführt, werden durch die zentrifugale Kraft des Wassers nach und nach die Glimmerblättchen aus der Mitte weggespült, während das körnige Material im Zentrum zurückbleibt.

Hat man bei diesem Verfahren die Mengen des zuzusetzenden Wassers und das Rotieren gut ausprobiert, so gelangt man zu recht guten Resultaten. Die so erhaltenen Glimmerschüppchen werden getrocknet und durch Sieben auf eine einheitliche Größe gebracht. Mit Hilfe der Thouletschen Lösung werden dann die Glimmer in spezifisch gleichschwere Fraktionen getrennt und dadurch ein einschlußfreies Material erhalten. Diese Trennung wird bedeutend erschwert, wenn neben Biotit auch Muskovit zugegen ist (wie häufig in sedimentogenen Gneisen). Dieser begleitet denselben infolge seiner ebenfalls blättrigen Ausbildung und häufigen Verwachsung bis hierher. — Die isolierten Biotite werden dann mehrere Male mit kochendem Wasser gewaschen, da die Thouletsche Lösung mit kaltem Wasser nur ungenügend entfernt wird und die Blättchen gern Thouletsche Lösung zwischen sich einschließen. — Das spezifische Gewicht der Blättchen wurde mittelst Piknometers bestimmt und das spezifische Gewicht der Thouletschen Lösung, in der sie schwammen, als Kontrolle benutzt.

b) Gang der quantitativen Analyse.

Im großen und ganzen folgte ich bei der Ausführung der Analysen den bewährten Methoden, wie sie von Dr. W. F. Hillebrand,[1]) von Dr. M.

[1]) Dr. W. F. Hillebrand, Analyse der Silikatgesteine (übers. und herausg. von Dr. E. Zschimmer).

Dittrich[1]) und von Dr. F. P. Treadwell[2]) angegeben werden.

Kiessäurebestimmung, Hillebrand, S. 41,
Titansäurebestimmung (kolorimetr.), Hillebrand S. 55, Dumington,
Tonerde- und Eisenbestimmung, Hillebrand, S. 46,
Eisenoxydulbestimmung nach Mitscherlich, vgl. Hillebrand S. 67—69, Dittrich S. 102, Treadwell S. 423.

Kalk, Mangan, Magnesia und die Alkalien wurden nach den bekannten Methoden bestimmt, wie sie auch bei Dittrich S. 94 u. ff. angeführt werden. — Mit ganz besonderer Sorgfalt wurden die Bestimmungen des Eisenoxyds, des Eisenoxyduls und vor allem der Alkalien ausgeführt, da sie zu den wichtigsten Faktoren der Glimmeranalyse gehören. Fast alle Bestimmungen wurden doppelt gemacht, und zwar ist jede im folgenden Teile der Arbeit verzeichnete Analyse das Resultat zweier annähernd miteinander übereinstimmenden Bestimmungen von Soda- und Flußsäureaufschluß. Die Kieselsäure im Flußsäureaufschluß und die Alkalien im Sodaaufschluß wurden zur Vergleichung auch aus der Differenz berechnet resp. kontrolliert.

Die Bestimmung des Wassers. Bekanntlich ist der Wassergehalt insofern von Wichtigkeit für die Konstitution der Glimmer, als der Wasserstoff als isomorpher Vertreter der Alkalien aufgefaßt wird. Das Wasser wurde folgendermaßen bestimmt: Zunächst werden 0,2 g des staubfeinen Pulvers in einem be-

---

[1]) Dr. M. Dittrich, Beiträge zur Gesteinsanalyse.

[2]) Dr. F. P. Treadwell, Lehrbuch der analytischen Chemie, II. Teil.

deckten Platintiegel abgewogen und im Trockenofen mindestens 2 Stunden auf 110° erhitzt. Dann wird im Exikator abgekühlt und endlich gewogen. Der Gewichtsverlust ergibt den Feuchtigkeitsgehalt. Zur Feststellung des Glühverlustes resp. Konstitutionswassers wird die Substanz nun zunächst etwa 10 Minuten auf dem Bunsenbrenner erhitzt und hierauf etwa 20 Minuten auf dem Gebläse kräftig geglüht. Hierbei tritt bei Glimmerpulver meist eine Sinterung ein, oder die Substanz verwandelt sich wenigstens in eine harte schlackige Masse, ein Beweis, daß alles Wasser entzogen ist. Zur genauen Bestimmung des chemisch gebundenen Wassers wurde der Glühverlust bei den meisten Glimmern zweimal festgellt.

c) Physikalische Bestimmungsmethoden.

Die Bestimmung des spezifischen Gewichts der Gesteine wurde nach der Auftriebsmethode vorgenommen.

Spez. Gewichtsbestimmung d. Gesteine vgl. Hillebrand S. 19.

Das spezifische Gewicht der Glimmer wurde mittelst des Piknometers bestimmt (Kontrolle durch schwere Flüssigkeiten).

Das Messen des scheinbaren Axenwinkels geschah mit der Kleinschen Lupe.[1]) Es wurde hierbei von mindestens drei angenäherten Messungen das Mittel genommen.

Zur Herstellung der Schlagfiguren diente ein Apparat, der nach den Anweisungen von K. J. v. Steensstrup[2]) konstruiert wurde.

---

[1]) Tschermaks Mitteilungen XIV S. 375; F. Becke, Kleinsche Lupe mit Mikrometer.

[2]) Zeitschr. f. Kristallographie XVII. Apparat zur Erzeugung von Schlagfiguren in kleinen Glimmerblättchen.

C.

Makroskopische und mikroskopische Gesteinsbestimmung mit den entsprechenden Analysen der Glimmer und der dazugehörigen Gesteine; chemische Formulierung.

Reihenfolge:

I. **Hornblende-Biotit-Konkretion,** Rotbachgraben im Ahrenthal (Tirol).

II. **Granat-Biotit-Konkretion,** Erzhalde, Schneeberg (Tirol).

III. **Pelitgneis** von Schwarzsee, Schneeberg (Tirol).

IV. **Zweiglimmergneis, östlich Breiteben,** Pfelderstal (Tirol).

V. **Grenzgneis** nordöstlich Maiern, Ridnaun (Tirol).

VI. **Zweiglimmergneis** von der Ostmoräne des **Rotmoosferner** bei Obergurgl (Tirol).

I. Hornblende-Biotit-Konkretion
im Zentralgneis, Rotbachgraben im Ahrental (Tirol).

Makroskopisches: In dem massigen Gesteinskörper liegen schöne tombakbraune Glimmer neben einer graugrünen feinfaserigen Hornblende. Die frischen Biotitblättchen haben einen Durchmesser von 3—5 mm.

Als weitere Gemengteile findet man **u. d. M.** noch Quarz, Magnetit und Rutil. Diese treten allerdings nur spärlich auf und sind meist als Einschlüsse vorhanden. Der als Hauptgemengteil anwesende Biotit fällt zunächst ins Auge durch seine großen Formen, die sehr unregelmäßig begrenzt und meist randlich gezackt und gebuchtet sind. Außerdem findet man ihn in kleineren Fetzen überall verteilt. An wenigen Stellen läßt sich undulöse Auslöschung beobachten. Abgesehen von den ganz spärlichen obigen Einschlüssen und auch etwas Hornblende sind vor allem die größeren Individuen sehr rein; die kleineren sind häufig mit Hornblende verwachsen. Der Pleochroismus ist ziemlich stark: braungelb || (001), bräunlichweiß ⊥ (001). Im konvergenten Lichte beobachtet man einen kleinen Axenwinkel. Scheinbarer Axenwinkel 2 Ea = 14° 50′ als Mittel aus zwei Messungen: 14° 50′ Glimmer II. Art.

Die Hornblende steht dem Biotit an Quantität nicht viel nach, doch sind größere Individuen seltener. Die sehr zerrissenen und gefaserten Formen liegen oft wirr durcheinander und scharen sich zu Aggregaten. Wie erwähnt, sind Verwachsungen mit Biotit häufig. Auch findet man letzteren oftmals als Einschluß. Ferner schließt die Hornblende häufig Rutil (Sagenit) ein, der aus dem titanreichen Gestein wahrscheinlich durch Entmischung entstanden ist. Der Pleochroismus: $\mathfrak{a}$ gelblichgrün, $\mathfrak{b}$ und $\mathfrak{c}$ bläulichgrün ($\mathfrak{b}/\mathfrak{c}$ = 19° auf 010) lassen

auf die gewöhnliche grüne Hornblende schließen. Die im allgemeinen hellgrüne Farbe geht fleckenweise, besonders nach dem Zentrum zu, in ein etwas dunkleres Grün über; dazu gesellen sich schwarze feinstens getupfte Partien, über deren Natur nichts Bestimmtes mitgeteilt werden kann. Es müssen entweder Ausscheidungen, vielleicht Rutil (Ilmenit?) oder Zersetzungsprodukte sein, was weniger wahrscheinlich ist. Chloritisierungserscheinungen sind sehr selten, welcher Umstand der Frische des Gesteins zu verdanken ist. — Der Quarz tritt nur spärlich auf in unregelmäßig begrenzten klaren Körnern, von denen einzelne undulös auslöschen. Einschlüsse von kleinen Biotiten und vor allem von Hornblende sind in ihm nicht selten.

Die Struktur hat noch ziemlich ausgesprochenen Tiefengesteinscharakter. Dieser dürfte nur durch Kataklase etwas gestört worden sein (gezackte Ränder).

Analyse des Gesteins.

			Mol. prop.		Mol. proz.
SiO_2	45,64	47,12	0,780	780	49,09
TiO_2	1,27	1,31	0,016	16	1,01
Al_2O_3	10,62	10,96	0,107	107	6,74
Fe_2O_3	8,09	8,35	0,052	93	5,85
FeO	2,83	2,92	0,041		
MnO	—	—	—		
MgO	15,87	16,38	0,406	406	25,55
CaO	5,68	5,86	0,105	105	6,60
Na_2O	1,11	1,15	0,019	19	1,20
K_2O	5,76	5,95	0,063	63	3,96
H_2O u. 110°	0,19	—			
H_2O ü. 110°	3,28	—			
	100,34	100,00		1589	100,00

Spez. Gew. 2,96.

Gesteinsformel nach Osann:

s = 50,1

a = 2,5	A = 5,2
c = 1	C = 1,6
f = 16,5	F = 36,4
n = 2,3	
k = 0,7	

Analyse des Biotits.

Das Isolieren erfolgte in der beschriebenen Weise:

			Mol. prop.		
SiO_2	36,32	36,89	0,611	636	8
TiO_2	1,95	1,98	0,025		
Al_2O_3	13,82	14,03	0,137	162	2
Fe_2O_3	3,96	4,02	0,025		
FeO	10,12	10,28	0,142	142	2
MnO	—	—	—		
MgO	15,21	15,45	0,382	396	5
CaO	0,75	0,76	0,014		
Na_2O	2,26	2,30	0,142	142	2
K_2O	9,78	9,92			
H_2O u. 110°	1,32	—	—		
H_2O ü. 110°	4,30	4,37	0,242	242	3
	99,79	100,00			

Spez. Gew. 2,84.

Formulierung nach **Tschermak:**

$2\,Si_6Al_6K_4H_2O_{24} + Si_6Al_4K_4H_2O_{21}$
$+ 14\,(MgFe)\,SiO_4$.

Nach der Formel berechnet:

32 SiO_2 (inkl. TiO_2)	39,16
8 Al_2O_3 (inkl. Fe_2O_3)	16,57
28 (MgFe)O (inkl. CaO)	31,75
6 K_2O (inkl. Na_2O)	11,44
3 H_2O	1,08
	100,00

Formulierung nach **Clarke:**

$Al_2(SiO_4)_3Mg_2K_2$
$+ 2\,Al(SiO_4)_3Mg_3KH_2$
$+ Al_2(SiO_4)_3(MgOH)_2K_2H_2$.

Nach der Formel berechnet:

12 SiO_2 (inkl. TiO_2)	40,49
3 Al_2O_3 (inkl. Fe_2O_3)	17.13
10 MgO (inkl. FeO, CaO)	22,55
3 K_2O (inkl. Na_2O)	15,80
4 H_2O	4,03
	100,00

II. Granat-Biotit-Konkretion

Erzhalde, Schneeberg (Tirol).

Makroskopisches: Das richtungslos gefügte Gestein besteht aus Biotit, Granat und Quarz. Die dunkelgrünen meist länglichen Blätter des vorherrschenden Biotits sind in ihren parallel gelagerten Aggregaten oft verbogen. Während der Quarz nur an wenigen Stellen als zuckerkörnige farblose Einstreuung sichtbar ist, findet man das Gestein dicht gespickt von schönen roten bis gelbroten Granaten, von denen ein Teil durch Verwitterung seinen Glanz verloren hat. Oft in wohlumgrenzten dodekaedrischen Kristallen, seltener in Kombinationen von (110) und (211), zuweilen auch nur als rundliche Körner auftretend, sind ihre Dimensionen äußerst wechselnd. Die Individuen zeigen eine Größe von 1—4 mm Durchmesser, wobei diejenigen von ca. 2 mm vorherrschen.

U. d. M. erkennt man als weitere Gemengteile noch Pyrit und Magnetit. Der Biotit ist sehr frisch und rein, er zeigt nur an ganz wenigen Stellen Spuren beginnender Chloritisierung. Einschlüsse sind sehr selten; nur hie und da finden sich kleine Magnetitkörnchen. Der Pleochroismus ist auffallend schwach: bräunlichgelb || (001) blaßgelb $\perp$ (001). Im konvergenten Licht zeigen die Glimmerblättchen einen kleinen Axenwinkel, so daß sie ein scheinbar einaxiges Verhalten haben. Axenwinkel $18^{0}31'$ als Mittel aus zwei Messungen: $19^{0}18'$ Glimmer II. Art.
$17^{0}44'$

Der Granat ist von zahlreichen Klüften durchsetzt. Er enthält spärliche Einschlüsse von Rutil, Quarz, auch

etwas Magnetit und Pyrit. Von letzteren aus ziehen sich in die zahlreichen Klüfte zuweilen limonitische Anflüge. Der Quarz füllt als letzter Gemengteil den übrigen Raum aus und tritt in Aggregaten von kleinen, klaren und reinen Körnern, daher meist mit unregelmäßigen Umrissen auf. Nur ganz spärlich sind ihm kleine Glimmer, Magnetite und Pyrite eingestreut.

Die Struktur des Gesteins ist granoblastisch.

Analyse des Gesteins.

			Mol. prop.		Mol. proc.
SiO_2	45,39	46,86	0,776	776	51,80
TiO_2	0,92	0,95	0,012	12	0,79
Al_2O_3	15,47	15,97	0,156	156	10,43
Fe_2O_3	10,16	10,49	0,066		
FeO	3,90	4,03	0,056	122	8,14
MnO	Spuren	Sp.	—		
MgO	13,20	13,63	0,338	338	22,56
CaO	0,55	0,57	0,010	10	0,67
Na_2O	0,73	0,75	0,012	12	0,80
K_2O	6,54	6,75	0,072	72	4,81
H_2O u. 110°	0,61	—	—	—	—
H_2O ü. 110°	3,09	—	—	—	—
	100,56	100,00		1498	100,00

Spez. Gew. 2,91.

Gesteinsformel nach Osann

$s = 52,6$	
$a = 3,0$	$A = 5,6$
$c = 0,5$	$C = 0,7$
$f = 16,5$	$F = 30,7$
$n = 1,4$	
$h = 0,8$	Tonerderest 4,1.

Analyse des Biotits.

Das Isolieren fand nach der bereits geschilderten Art und Weise statt. Infolge zahlreicher Magnetiteinschlüsse wurden die damit verunreinigten Glimmer mittelst des Elektromagneten extrahiert.

			Mol. prop.		
SiO_2	37,02	37,23	0,616	637	12
TiO_2	1,65	1,66	0,021		
Al_2O_3	15,98	16,07	0,157	157	3
Fe_2O_3	8,34	8,39	0,052	52	1
FeO	6,94	6,98	0,097	97	2
MnO	—	—	—		
MgO	16,91	17,00	0,421	433	8
CaO	0,66	0,66	0,012		
Na_2O	1,74	1,75	0,096	96	2
K_2O	6,38	6,42			
H_2O u. 110°	0,43	—	—		
H_2O ü. 110°	3,82	3,84	0,213	213	4
	99,87	100,00			

Spez. Gew. 2,92.

Formulierung nach Tschermak.

$2Si_6Al_6K_4H_2O_{24}$
$+ 1H_2Mg(AlFe)_4Si_2O_{12}$
$+ 9(MgFe)_2SiO_4$

Nach der Formel berechnet:

$24SiO_2$ (inkl. TiO_2)	41,82
$8Al_2O_3$ (inkl. Fe_2O_3)	23,60
19(MgFe)O (inkl. CaO)	22,13
$4K_2O$ (inkl. Na_2O)	10,89
$3H_2O$	1,56
	100,00

Formulierung nach Clarke.

$Al_3(SiO_4)_3MgK + Al_3(SiO_4)_3Mg_3KH$
$+ Al(SiO_4)_3Mg_3KH_2$
$+ Al_3(SiO_4)_3(MgOH)_4KH$

Nach der Formel berechnet:

$12SiO_2$ (inkl. TiO_2)	40,31
$4Al_2O_3$ (inkl. Fe_2O_3)	22,74
10MgO (inkl. FeO, MnO, CaO)	22,45
$2K_2O$ (inkl. Na_2O)	10,49
$4H_2O$	4,01
	100,00

Analyse des Granates.

Derselbe wurde mittelst schwerer Flüssigkeit und Elektromagnetes isoliert.

			Mol. prop.		
SiO_2	37,77	38,49	0,637	637	9,8
TiO_2[1]	0,85	—			
Al_2O_3	21,69	22,11	0,216	432	6,6
FeO_3	2,34				
FeO	26,60	29,39	0,408	408	6,2
MnO	0,14				
MgO	6,29	6,41	0,159	159	2,4
CaO	3,53	3,60	0,065	65	1
H_2O u. 110°	0,27	—			
H_2O ü. 110°	0,32	—			
	99,80	100,00			

Formulierung:

$6{,}2Fe_3Al_2Si_3O_{12}$ Almandin
$2{,}4Mg_3Al_2Si_3O_{12}$ Pyrop
$1\ Ca_3Al_2Si_3O_{12}$ Grossulur

Nach der Formel berechnet:

$9{,}8SiO_2$	37,50
$6{,}6Al_2O_3$	25,00
$6{,}3FeO$	24,22
$2{,}5MgO$	9,38
$1{,}0CaO$	3,90
	100,00

III. Pelit-Gneis,

am Schwarzsee, Schneeberg (Tirol).

Makroskopisches: In dem frischen, schwärzlichgrauen Gestein treten die zahlreichen, schwarzgrünen Biotitblättchen aus dem grauen, glänzenden, schuppigen muskovitreichen Gewebe hervor. Hie und da erkennt man kleine rote Granate, sowie lentikulare körnige Aggregate von Quarz, die ehemalige Gerölle darstellen. Die Schiefrigkeit des Gesteins ist auf dem Hauptbruche weniger ausgesprochen, als auf dem Längs- und Querbruche. Auf letzterem sind auch die bauchigen Quarzlinsen deutlich sichtbar. Das Gefüge stellt einen Übergang zwischen linearer und schiefriger Textur dar.

[1]) Die Titansäure wurde bei der Berechnung der Formel nicht berücksichtigt, da dieselbe wenigstens zum Teil als Rutileinschluß im Granat enthalten ist.

U. d. M. findet man außer den erwähnten Hauptgemengteilen noch etwas Magnetit, Zirkon und Feldspat. Der reichlich vertretene Biotit ist teils in großen, etwas gebuchteten Idioblasten, teils in kleinen, zerrissenen Formen vorhanden. Er enthält wenig Einschlüsse von Quarz, Magnetit und Zirkon, welch letzterer meist mit pleokroitischem Hofe umgeben ist. Die kleineren Blättchen sind häufig mit Muskovit verwachsen; doch gewinnt man daraus nicht den Eindruck, als ob letzterer aus dem Biotit entstanden sei. Nur wenige Stellen zeigen Spuren beginnender Chloritisierung. Der Pleochroismus ist schwach: braun || $\mathfrak{b}$ und $\mathfrak{c}$ hellgelb || $\mathfrak{a}$. Das Verhalten im konvergenten Licht zeigt einen kleinen Axenwinkel. Scheinbarer Axenwinkel 2 Ea = 24° 50′ als Mittel aus 3 Messungen: 23° 50′; Glimmer II. Art.
26° 50′
23° 50′

Der ebenfalls in ziemlicher Menge vorhandene sehr reine Muskovit ist arm an größeren Formen. Er liegt in Aggregaten von kleinen, länglichen, oft verbogenen, meist parallel gelagerten Individuen rings um die großen Biotite und Quarze herum und bildet so ein schuppiges bis faseriges Grundgewebe. Scheinbarer Axenwinkel 2 Ea = 64° 24′. Mittel aus drei Messungen: 65° 32′; Glimmer I. Art.
65° 32′
62° 08′

Die körnigen, blaßroten Granaten trifft man teils vereinzelt, teils in Anhäufungen kleiner Individuen an. Die Kristalle sind stark zerklüftet und zeigen dann und wann Übergänge in Chlorit. Magnetiteinschlüsse sind nur spärlich vorhanden. — Der Quarz ist reichlich anwesend, und zwar meistenteils in Aggregaten von

klaren, unregelmäßig begrenzten Individuen. Viele derselben löschen undulös aus; andere zeigen kataklastische Verzahnung. Einschlüsse von Muskovit sind häufig, seltener solche von Biotit. — Feldspat tritt spärlich auf. Die wenigen unvollkommen ausgebildeten Individuen sind meist zwischen Quarzen zu finden, andere zwischen hellen Glimmern. Die Feldspate gehören nach der Lichtbrechung zu den sauren, da: $\alpha' \beta' \gamma' < \omega$ oder ε des Quarzes. — Auch der Magnetit tritt nur spärlich auf, und zwar meist in kleinen, eckigen Körnchen. Die größeren, demselben im Aussehen ähnlichen, schwarzen Blättchen, die oft eine längliche, sehr zerrissene Gestalt haben, bestehen wahrscheinlich aus graphitoider Substanz (kleinschuppig im reflekt. Licht). — Außer den erwähnten Gemengteilen ist noch zwischen denselben in feinen Fetzen und Zwickeln ein bräunliches, gekörntes Material zu finden: tonige bis eisenschüssige Substanz, vielleicht ein Rest des ursprünglichen Sediments, der noch von der Metamorphose verschont geblieben ist.

Die Struktur ist porphyroblastisch bei nematoblastischem bis lepidoblastischem Grundgewebe.

Analyse des Gesteins.

			Mol. prop.		Mol. proz.
SiO_2	58,87	60,30	0,999	999	68,74
TiO_2	1,27	1,30	0,016	16	1,12
Al_2O_3	14,17	14,50	0,142	142	9,79
Fe_2O_3	8,97	9,18	0,058	91	6,27
FeO	2,24	2,35	0,033		
MnO	—	—	—		
MgO	4,49	4,60	0,114	114	7,86
CaO	0,24	0,25	0,005	5	0,32
Na_2O	1,07	1,10	0,018	18	1,22
K_2O	6,27	6,42	0,068	68	4,68
H_2O u. 111°	0,19	—	—	—	—
H_2O ü. 110°	2,34	—	—	—	—
	100,12	100,00		1453	100,00

Spez. Gew. 2,83.

Gesteinsformel nach Osann:

s = 69,9
a = 6 A = 5,9
c = 0,5 C = 0,3
f = 13,5 F = 14,1
n = 2,1
k = 1,4
Tonerderest 3,5

Analyse des Biotits.

Beim Isolieren waren die anwesenden Muskovitblättchen sehr störend. Dieselben konnten mittelst schwerer Lösung bis auf einige wenige (etwa $^1/_2$—1 $^0/_0$) entfernt werden, die die Biotitanalyse nicht beeinflussen dürften.

SiO_2	36,17	36,55	0,605	638	20 SiO_2
TiO_2	2,63	2,66	0,033		
Al_2O_3	16,26	16,43	0,161	161	5 Al_2O_3
Fe_2O_3	4,88	4,93	0,032	32	1 Fe_2O_3
FeO	16,92	17,10	0,238	238	7 FeO
MnO	—	—			
MgO	7,91	7,99	0,198	202	6 MgO
CaO	0,20	0,21	0,004		
Na_2O	1,49	1,51	0,125	125	4 K_2O
K_2O	9,42	9,52			
H_2O u. 110°	0,87	—			
H_2O ü. 110°	3,07	3,10	0,172	172	5 H_2O
	99,82	100,00			

Spez. Gew. 3,02.

Formulierung nach **Tschermak:**

$3\ Si_6Al_4K_4H_2O_{21}$
$+\ 6\ Si_6(AlFe)_6K_4H_2O_{24}$
$+\ 26\ (MgFe)_2SiO_4$

Nach der Formel berechnet:

80 SiO_2 (inkl. TiO_2)	40,07
24 Al_2O_3 (inkl. Fe_2O_3)	20,34
52 (FeMg)O (inkl. CaO)	24,15
18 K_2O (inkl. Na_2O)	14,07
9 H_2O	1,37
	100,00

Formulierung nach **Clarke:**

$2\ Al_3(SiO_4)_3KH_2 + Al_2(SiO_4)_6Mg_9$
$+\ Al(SiO_4)_3K_4H_5$

Nach der Formel berechnet:

15 SiO_2 (inkl. TiO_2)	43,67
$4^1/_2$ Al_2O_3 (inkl. Fe_2O_3)	22,16
9 MgO (inkl. FeO, CaO)	17,50
3 K_2O (inkl. Na_2O)	13,63
$4^1/_2$ H_2O	3,04
	100,00

IV. Zweiglimmer-Gneis östl. Breiteben,

im Pfelderstal, Tirol.

Makroskopisches: In dem äußerst frischen, schuppigschiefrigen Gestein ziehen sich bronzefarbige Biotitschuppen in enger Verbindung mit den silberglänzenden Muskovitblättchen zwischen grauweißen glasglänzenden Aggregaten von Quarz und Feldspat hindurch. Der letztere tritt neben dem Quarz quantitativ stark zurück. Größere Stücke lassen auf dem Querbruch eine etwelche Verfältelung der undeutlichen Schieferungsflächen erkennen.

Das Mikroskop fügt den erwähnten Hauptgemengteilen noch hinzu: einzelne Zoisitleisten, Magnetit, Zirkon, Titanit und Rutil.

Der Biotit ist reichlich vorhanden. Er tritt meist in größeren, stark zerrissenen und gebuchteten bronzefarbenen Blättern auf, nicht ganz frei von Einschlüssen an Quarz, Magnetit, Zirkon und Titanit. Neben direkten Verwachsungen mit Muskovit beobachtet man, daß hie und da feine Muskovitfasern in Bündeln randlich in den Biotit hineindringen oder es greifen stark gezackte Formen beider Glimmer innig ineinander. Auch Parallelverwachsungen sind vorhanden. Einzelne Blättchen löschen undulös aus. Ganz selten macht sich an der Peripherie beginnende Epidotisierung bemerkbar. Der Pleochroismus ist ziemlich stark: rotbraun || 𝔟 und 𝔠 gelbbräunlich || 𝔞. Im konvergenten Licht zeigt der Biotit ein scheinbar einaxiges Betragen. Scheinbarer Axenwinkel $2\,Ea = 19^{0}\,8'$ als Mittel aus 4 Messungen: $19^{0}\,18'$

$20^{0}\,48'$;

Glimmer II. Art. $19^{0}\,18'$

$17^{0}\,48'$

Der farblose Muskovit tritt vorzugsweise in der Nähe des Biotits, und zwar häufig in länglichen Gestalten auf. In die spärlich vorhandenen breiten Blättchen sind hie und da braune Flecken von Biotit eingestreut. Diese Erscheinung, sowie die schon erwähnten Verwachsungen und Durchdringungen beider Glimmer können zur Annahme führen, daß der Muskovit aus dem Biotit entstanden sei. Abgesehen von wenigen Quarzeinschlüssen sind auch hier die größeren Blättchen ziemlich rein. Scheinbarer Axenwinkel $2\,Ea = 50^0 5'$; Mittel aus 3 Messungen: $53^0 40'$; Glimmer I. Art.
$47^0 08'$
$48^0 46'$

Der Quarz, der an Quantität alle anderen Gemengteile übertrifft, kommt häufig in mosaikartigen Aggregaten von regelmäßig begrenzten Körnern vor. Die Umrisse sind teils eckig, teils gerundet. Manchmal findet man undulöse Auslöschung. Oft erscheinen die durchschnittlich klaren Individuen schwach punktiert mit kleinen Magnetit- und Rutilkörnchen.

Der sich in bescheidener Menge vorfindende Feldspat liegt meist im Quarz. An den oftmals schwach albitisch lamellierten, sehr unregelmäßig begrenzten Individuen ist die Serizitisierung deutlich bemerkbar. Eine nähere Bestimmung des Feldspates an der Hand von Auslöschungsschiefen war infolge ungeeigneter Schnitte unmöglich. Es ließ sich aber feststellen, daß die Brechungsexponenten des Feldspates sämtlich kleiner sind, als die des Quarzes, was auf Albit bis Albit-Oligoklas schließen läßt.

Farblose bis schwachgrünliche Zoisite sind spärlich aber gleichmäßig im Gestein verteilt. Man findet sie meist in größeren, abgerundeten, einschlußfreien

Kristallen. Die Axenebene liegt parallel dem seitlichen Pinakoid. Sehr selten sind schwachrötliche, regellos geformte Granaten mit Magnetiteinschlüssen und beginnender Chloritisierung. Der Magnetit ist hauptsächlich als körniger Einschluß zu treffen. Außerdem findet man ihn auch in Häufchen und Reihen von länglichen, eckig und rundlich begrenzten Individuen vor. Eigentümlich sind einige tropfenartig ausgebildete runde Gestalten.

Zirkon, Titanit und Rutil gehören zu den seltensten Gemengteilen, doch ist bei dem Titanreichtum des Biotits die Anwesenheit des letzteren leicht begreiflich (siehe Analyse). Zumeist sind diese Mineralien als Einschluß zu finden und ihre Ausbildung ist fast immer idiomorph. In dem granoblastischen Strukturbilde macht sich Kataklase bald mehr, bald weniger bemerkbar.

Analyse des Gesteins.

			Mol. prop.		Mol. proz.
SiO_2	64,89	65,70	1,088	1088	72,58
TiO_2	0,98	0,99	0,012	12	0,83
Al_2O_3	13,10	13,27	0,130	130	8,67
Fe_2O_3	4,99	5,05	0,032		
FeO	0,99	1,00	0,014	46	3,07
MnO	—	—	—	—	—
MgO	2,73	2,76	0,069	69	4,57
CaO	1,95	1,97	0,035	35	2,36
Na_2O	3,68	3,73	0,060	60	4,00
K_2O	5,46	5,53	0,059	59	3,92
H_2O u. 110°	0,12	—	—	—	—
H_2O ü. 110°	1,60	—	—	—	—
	100,49	100,00		1499	100,00

Spez. Gew. 2,76.

Gesteinsformel nach Osann:

s = 78,4	
a = 9	A = 7,92
c = 1	C = 0,75
f = 10	F = 9,25
n = 5,1	
k = 1,3	

Analyse des Biotits.

Das Isolieren erfolgte in der beschriebenen Weise:

			Mol. prop.	
SiO_2	34,47	34,93	0,578	15 SiO_2
TiO_2	3,22	3,26	0,041	
Al_2O_3	13,56	13,74	0,135	4 Al_2O_3
Fe_2O_3	4,70	4,76	0,030	
FeO	17,09	17,32	0,241	12 (FeMg)O
MnO	—	—	—	
MgO	10,00	10,13	0,251	
CaO	0,78	0,79	0,014	
Na_2O	1,72	1,74	0,132	3 K_2O
K_2O	9,72	9,85		
H_2O u. 110°	1,26	—		
H_2O ü. 110°	3,43	3,48	0,193	$5H_2O$
	99,95	100,00		

Spez. Gew. 2,92.

Formulierung nach **Tschermak:**

$2\ Si_6Al_6K_4H_2O_{24}$
$+ 1\ Si_6(AlFe)_4K_4H_2O_{21}$
$+ 12\ (MgFe)_2SiO_4$.

Nach der Formel berechnet:

30 SiO_2 (inkl. TiO_2)	39,44
8 Al_2O_3 (inkl. Fe_2O_3)	17,81
24 (MgFe)O (inkl. CaO)	29,26
6 K_2O (inkl. Na_2O)	12,31
3 H_2O	1,18
	100,00

Formulierung nach **Clarke:**

$2\ Al_2(SiO_4)_3Mg_2KH$
$+ 2\ Al(SiO_4)_3Mg_3KH_2$
$+ Al_2(SiO_4)_3(MgOH)_2K_2H_2$.

Nach der Formel berechnet:

15 SiO_2 (inkl. TiO_2)	41,71
4 Al_2O_3 (inkl. Fe_2O_3)	18,82
12 MgO (inkl. FeO, CaO)	22,30
3 K_2O (inkl. Na_2O)	13,02
5 H_2O	4,15
	100,00

Analyse des Muskovits.

Das Isolieren geschah nach der Abtrennung des Biotits ebenfalls mittelst Thouletscher Lösung.

			Mol. prop.	
SiO_2	45,82	46,14	0,764	5 SiO_2
TiO_2	1,51	1,52	0,019	
Al_2O_3	24,41	24,58	0,241	2 Al_2O_3
Fe_2O_3	3,83	3,86	0,024	
FeO	1,51	1,52	0,021	
MnO	—	—		
MgO	2,51	2,53	0,063	
CaO	0,39	0,39	0,007	
Na_2O	3,03	3,05	0,162	1 K_2O
K_2O	10,64	10,71		
H_2O u. 110°	1,36	—		
H_2O ü. 110°	5,66	5,70	0,316	2 H_2O
	100,67	100,00		

Spez. Gew. 2,82.

Formulierung nach **Tschermak:**

$2\,K_3H_3Al_6Si_6O_{24}$
$+\ 3\,Si_6(AlFe)_4K_2H_4O_{21}$.

Nach der Formel berechnet:

30 SiO_2 (inkl. TiO_2)	48,11
12 Al_2O_3 (inkl. Fe_2O_3, FeO MgO, CaO)	32,56
6 K_2O (inkl. Na_2O)	15,02
9 H_2O	4,31
	100,00

Formulierung nach Clarke:

$4\,Al_3(SiO_4)_3KH_2$
$+\ Al_3(SiO_4)_3K_2H_4$.

Nach der Formel berechnet:

15 SiO_2 (inkl. TiO_2)	45,02
7 Al_2O_3 (inkl. Fe_2O_3 FeO, MgO, CaO)	35,55
3 K_2O (inkl. Na_2O)	14,06
6 H_2O	5,37
	100,00

V. Grenzgneis nördlich Maiern,
Ridnaun, Tirol.

Makroskopisches: Dieses schuppig-schiefrige bis linear texturierte Gestein ist sehr reich an frischen, dunklen bis bronzefarbigen Biotitblättchen (3—5 mm^2), welche aus dem grauweißen, quarzigen, von feinsten Muskoviten silberglänzenden Gesteinsgrund deutlich hervortreten. Auch an diesem Gestein macht sich auf dem Querbruche eine schwache Verfältelung deutlich bemerkbar.

U. d. M. ließen sich folgende Mineralien feststellen: Biotit, Muskovit und Quarz als Hauptgemengteile, daneben in geringerer Menge: Feldspat, Granat, Chlorit und Rutil; und als seltenere Gemengteile: Zirkon, Magnetit und Zoisit. Der vorherrschende Biotit kommt meist in größeren unregelmäßig begrenzten, häufiger länglichen, spärlicher breiten Schuppen vor. Besonders die letzteren sind stark gebuchtet. Der Biotit ist schön rein. Einschlüsse von Quarz-, Granat-, Rutil- und Zirkonkörnchen sind selten. Der Pleochroismus ist sehr stark: gelbbraun || $\mathfrak{b}$ u. $\mathfrak{c}$, weißgelblich || $\mathfrak{a}$. Im Konoskop zeigt er ein scheinbar einachsiges Betragen mit kleinem Achsenwinkel. Scheinbarer Achsenwinkel $2\,Ea = 18^0\,9'$; Mittel aus 3 Messungen: $17^0 44'$; Glimmer II. Art.

$19^0 18'$

$17^0 44'$

An manchen Stellen sind die Lamellen etwas gebogen und löschen dann gewöhnlich undulös aus; einzelne Blättchen sind in schwachgrünlichen, undulös auslöschenden Chlorit übergegangen. In der Nähe beobachtet man dabei Ausscheidungen limonitischer Substanz.

Der farblose Muskovit verteilt sich über das ganze Gestein in kleinen länglichen Schüppchen oder büschelartigen Aggregaten von solchen. Ab und zu kommen auch Parallelverwachsungen mit Biotit vor. Die Beobachtung, daß sich zwischen den Muskovitbüscheln noch hie und da blaßbraune Biotitreste finden, sowie die vorher erwähnten Erscheinungen erwecken auch hier den Eindruck, daß der Muskovit, wenigstens zum großen Teil, dem Biotite seine Entstehung verdankt. Bei der Armut an Feldspat möchte auch ein Hervorgehen aus diesem vielleicht nicht ausgeschlossen sein; überzeugende Belege konnten indessen dafür nicht gefunden werden.

Der Quarz füllt den Raum zwischen den Glimmern aus. Er ist vorhanden in verschieden großen, klaren und fettglänzenden Individuen, deren Begrenzung teils eckig, teils rund ist. Mosaikartige Aggregate von kleinen zackigen Gestalten sind nicht selten. Undulöse Auslöschung beobachtet man nicht allzu häufig. Als Einschluß enthält er viele kleine Muskovite eingestreut. Hier und da sind die Quarzkristalle etwas getrübt von feinkörniger, eisenschüssiger Substanz.

Der Feldspat tritt nur spärlich auf und ist wegen seiner Frische oft leicht mit Quarz zu verwechseln. Nur wenige Individuen sind undeutlich albitisch lamelliert. Beim Vergleich mit benachbartem Quarze ergibt sich die Anwesenheit von Albit bis Albit-Oligoklas, da sämtliche Brechungsexponenten der letzteren kleiner sind, als diejenigen des Quarzes.

Die schwachgraugrünlichen, stark zerklüfteten Granaten findet man meist in Anhäufungen von kleineren und größeren unregelmäßig begrenzten Körnern, zuweilen auch mit linearer Anordnung. Manchmal beobachtet man

auf den Klüften braune Anflüge von Limonit und schwache Chloritisierung.

Ziemlich verbreitet im Gestein sind Ausscheidungen gelbgefärbter *Rutile*, die teils einzeln, teils in Häufchen vorkommen. Die Umgrenzung ihrer Individuen ist ganz verschieden gut, häufiger rundlich, seltener eckig.

Der *Zoisit* ist sehr spärlich zugegen in meist gedrungenen farblosen Säulchen.

Der *Zirkon* kommt vorzugsweise als körniger Einschluß im Glimmer vor, wo ihn meist ein pleochroitischer Hof umgibt; daneben in kleinen gut ausgebildeten Kriställchen.

Magnetit liegt nur in winzigen Körnchen spärlich vor.

Die *Struktur* ist vorwiegend kataklastisch; die *Textur* zeigt beginnende Kristallisationsschieferung.

Analyse des Gesteins.

			Mol. prop.		Mol. proz.
SiO_2	61,08	63,01	1,043	1043	69,69
TiO_2	0,94	0,97	0,012	12	0,81
Al_2O_3	15,35	15,84	0,155	155	10,33
Fe_2O_3	5,89	6,08	0,038		
FeO	1,52	1,57	0,022	60	4,00
MnO	—	—	—	—	—
MgO	4,96	5,12	0,127	127	8,47
CaO	0,92	0,95	0,017	17	1,13
Na_2O	2,66	2,74	0,044	44	2,95
K_2O	3,61	3,72	0,039	39	2,62
H_2O u. 110°	0,13	—			
H_2O ü. 110°	2,66	—			
	99,72	100,00		1497	100,00

Spez. Gew. 2,75.

Gesteinsformel nach Osann:

s = 70,5

a = 6 A = 5,6

c = 1 C = 1,1

f = 13 F = 12,5

n = 5,3

k = 1,5

Thonerderest 3,6.

Analyse des Biotits.

Trotz aller Bemühung ließ sich beim Isolieren nicht aller Quarz entfernen; wie die Analyse zeigt, dürfte dieser geringe Überschuß nicht von Bedeutung sein.

			Mol. prop.	
SiO_2	35,70	35,92	0,595	12 SiO_2
TiO_2	1,86	1,87	0,023	
Al_2O_3	18,87	18,99	0,186	4 Al_2O_3
Fe_2O_3	3,03	3,05	0,019	
FeO	12,45	12,53	0,174	11 (MgFe)O
MnO	—	—		
MgO	13,78	13,87	0,344	
CaO	0,25	0,25	0,005	
Na_2O	0,88	0,89		
K_2O	8,18	8,23	0,102	2 K_2O
H_2O a. 110°	0,52	—		
H_2O ü. 110°	4,38	4,40	0,244	5 H_2O
	99,90	100,00		

Spez. Gew. 2,99.

Formulierung nach Tschermak:

$2\ Si_6(AlFe)_6K_4H_2O_{24}$
$+\ 1\ H_2MgAl_4Si_2O_{12}$
$+\ 9\ (MgFe)_2SiO_4$.

Nach der Formel berechnet:

24 SiO_2 (inkl. TiO_2)	38,54
8 Al_2O_3 (inkl. Fe_2O_3)	21,73
19 (FeMg)O (inkl. CaO)	28,27
4 K_2O (inkl. Na_2O)	10,03
3 H_2O	1,43
	100,00

Formulierung nach Clarke:

$Al_3(SiO_4)_3KH_2 + Al_2(SiO_4)_3Mg_2KH$
$+\ Al(SiO_4)_3Mg_3KH_2$
$+\ Al_2(SiO_4)_3(MgOH)_5K$.

Nach der Formel berechnet:

12 SiO_2 (inkl. TiO_2)	39,92
4 Al_2O_3 (inkl. Fe_2O_3)	22,51
10 (FeMg)O (inkl. CaO)	22,22
2 K_2O (inkl. Na_2O)	10,39
5 H_2O	4,96
	100,00

VI. Zweiglimmergneis von der Ostmoräne des Rotmoosferners, Obergurgl, Tirol.

Makroskopisches: Dieses deutlich lineare bis schuppige, auch helizitische Gestein läßt die frisch aussehenden. kupferfarbigen, glänzenden Biotitblättchen (1—3 mm^2) deutlich aus dem hellgraugrünlichen, quarzigen, feinschuppigen, von feinen Muskoviten seidenglänzenden Grundgewebe in gestreckten Aggregaten hervortreten. Diese liegen meist parallel der Schieferungsebene, auf dem Längsbruch erkennt man jedoch auch einzelne quergestellte Blättchen. Das Gestein ist etwas gespickt mit blaßroten, daher nur wenig auffallenden Granaten von ziemlicher Größe (3—5 mm Durchmesser), in deren Nähe sich dann und wann rostbraune limonitische Anflüge befinden. Ein toniger Geruch macht sich beim Anhauchen deutlich bemerkbar.

Das Mikroskop fügt den obigen Gemengteilen noch hinzu: Feldspat, Chlorit, Rutil, Magnetit, Titanit und Zirkon. Die schönen, reinen, zahlreich vertretenen Biotitblättchen sind meist unregelmäßig begrenzt; wenige enthalten Einschlüsse winziger Zirkonkörnchen mit pleochroitischen Höfen. Ebenso beschränken sich Einschlüsse zonenartig angeordneter Rutilnädelchen (Sagenit) nur auf einzelne Individuen. Von kleinen Muskovitschüppchen wird der Biotit nur ganz selten in seiner Reinheit gestört. Während die größeren Biotite ziemlich selbständig ausgebildet sind, sind die kleineren Fetzen hie und da von Muskovitaggregaten umschlossen oder parallel mit diesem Glimmer verwachsen. Außer durch seine bemerkenswerte Reinheit zeichnet sich dieser Biotit noch durch eine schöne und gleichmäßige Farbe sowie einen starken Pleochroismus aus: $\mathfrak{b}$ und $\mathfrak{c}$ rotbraun,

a bräunlichgelb. Im Konoskop zeigen die Blättchen ein scheinbar einaxiges Betragen mit sehr kleinem Axenwinkel; scheinbarer Axenwinkel 2 Ea. = $14^0 50'$; Mittel aus drei Messungen: $14^0 50'$ Glimmer II. Art.

$14^0 50'$

$14^0 50'$

Vollständige Umwandlungen in Chloritleisten, die meist mit Ausscheidungen kleiner Rutilchen und Magnetite verbunden sind, sowie lamellenweise Ausbleichung des Biotits zu Chlorit trifft man selten.

Die teils gut, teils schlecht begrenzten Muskovite liegen gern in der Nähe des Biotits. Ab und zu füllen sie den Raum zwischen größeren, benachbarten Biotitschuppen in langen, striemenartigen Aggregaten aus. Während der Muskovit stellenweise fast ganz fehlt, findet man wieder Stellen, wo er mit dem Quarz und Feldspat ein homöoblastisches Gewebe mit helezitischer Textur bildet. (Die kleinen Muskovitleistchen bevorzugen hierbei häufig eine Richtung.) Sehr feine Muskovitfetzchen liegen oft in stark serizitisiertem Feldspat. Quarzeinschlüsse beherbergen vorzugsweise die größeren Muskovite.

Der Quarz kommt in ziemlicher Menge in klaren, rundlich und höckerig begrenzten, verschieden großen Individuen vor. Lückenlose Aggregate von zackig begrenzten Körnern sind seltener, da zwischen den letzteren meistenteils stark serizitisierter Feldspat liegt. Albitisch lamellierte Zwillinge fehlen fast ganz. Zwar ist der Feldspat reichlich vertreten; eine nähere Bestimmung ist dadurch möglich, daß man seine Brechungsexponenten mit denen des benachbarten Quarzes vergleicht. Da $\alpha' \beta' \gamma'$ des Feldspates $< \varepsilon$ und o des Quarzes

ist, darf die Anwesenheit von Albit bis Albit-Oligoklas angenommen werden.

Die farblosen Granaten übertreffen an Größe alle anderen Gemengteile des Gesteins bedeutend. Sie sind stark zerklüftet und sehr unrein. So enthalten sie viele Magnetit- und Quarzeinschlüsse und sind Limonitisierungs- und Chloritisierungserscheinungen, besonders auf den Klüften nicht selten. Umwandlungen in Calcit sind nur spärlich zu finden. Hingegen sind sie von Quarz siebartig durchbrochen.

Gelbgefärbter Rutil ist in Form von unregelmäßig begrenzten, teils kleinen, teils größeren Körnern, die oft in Anhäufungen, weniger vereinzelt vorkommen, nicht selten. Kompakte, fetzig geformte Individuen von Rutil mit Titanitrand trifft man hie und da.

Ziemlich spärlich findet man den Magnetit in größeren Individuen. Er tritt meist infolge der Chloritisierung als sekundäres Umwandlungsprodukt und als Einschluß in winzigen Körnern auf.

Titanit und Zirkon sind die seltensten Gemengteile. In mehr oder minder gut begrenzten Kriställchen liegen sie meist als Einschluß im Biotit, Muskovit und Quarz.

An manchen Stellen ist das klare Gesteinsbild gestört durch braune bis braunschwarze, länglich fetzige, pigmentartig sich verteilende Substanz, die vorzugsweise an der Peripherie der Glimmer liegt. Es sind wohl noch Reste des ursprünglichen Sedimentes, die aus eisenschüssigem Material bestehen (Limonit).

Die Struktur des Gesteins stellt einen Übergang zwischen granoblastisch und lepidoblastisch dar, wobei Granat da und dort noch in größeren Porphyroblasten auftritt.

Analyse des Gesteins.

			Mol. prop.		Mol. proz.
SiO_2	66,65	68,16	1,128	1128	74,88
TiO_2	0,67	0,68	0,009	9	0,57
Al_2O_3	14,64	14,97	0,147	147	9,73
Fe_2O_3	3,42	3,50	0,022 }		
FeO	1,98	2,02	0,028 }	50	3,32
MnO	Spuren	Spuren	—		
MgO	2,44	2,50	0,062	62	4,10
CaO	1,25	1,28	0,023	23	1,52
Na_2O	2,74	2,80	0,045	45	2,99
K_2O	4,00	4,09	0,043	43	2,89
H_2O u. 110°	0,14	—			
H_2O ü. 110°	2,11	—			
	100,04	100,00		1507	100,00

Spez. Gew. 2,81.

Gesteinsformel
nach Osann

s = 75,5	
a = 8	A = 5,9
c = 2	C = 1,5
f = 10	F = 7,4
n = 5,1	Tonerde-
k = 1,7	rest = 2,3

Analyse des Biotits.

Die Trennung wurde auch hier durch die Anwesenheit von Muskovit erschwert. Das Isolieren nahm daher längere Zeit in Anspruch. Unter 150 Biotitblättchen zeigten sich zuletzt noch etwa 2—3 helle Glimmer, die die Analyse kaum beeinflussen dürften.

			Mol. prop.	
SiO_2	33,42	33,96	0,562	$12\,SiO_2$
TiO_2	1,86	1,89	0,024	
Al_2O_3	16,91	17,18	0,164	$5\,Al_2O_3$
Fe_2O_3	14,83	15,07	0,094	
FeO	3,06	3,11	0,043	7 (MgFe)O
MnO	Spuren	Spuren	—	
MgO	12,55	12,75	0,316	
CaO	0,55	0,56	0,010	
Na_2O	1,95	1,98	0,127	$2^1/_2\,K_2O$
K_2O	8,87	9,02		
H_2O u. 110°	1,40	—		
H_2O ü. 110°	4,41	4,48	0,249	$5\,H_2O$
	99,81	100,00		

Spez. Gew. 2,88.

Formulierung nach Tschermak.

$2\,Si_6Al_6K_4H_2O_{24}$
$+ 2\,H_2MgAl_4Si_2O_{12}$
$+ 6\,(MgFe)_2SiO_4$.

Nach der Formel berechnet:

$24\,SiO_2$ (inkl. TiO_2)	36,30
$10\,Al_2O_3$ (inkl. Fe_2O_3)	32,80
14 (FeMg)O (inkl. CaO)	19,62
$4\,K_2O$ (inkl. Na_2O)	9,43
$4\,H_2O$	1,85
	100,00

Formulierung nach Clarke.

$Al_3(SiO_4)_3KH_2$
$+ Al_2(SiO_4)_3Mg_2KH$
$+ Al(SiO_4)_3Mg_3KH_2$
$+ Al(SiO_4)_3(AlO)_3(MgOH)_2(KH)_3$

Nach der Formel berechnet:

$12\,SiO_2$ (inkl. TiO_2)	39,30
$5\,Al_2O_3$ (inkl. Fe_2O_3)	27,66
7 MgO (inkl. FeO, CaO)	15,32
$2^1/_2\,K_2O$ (inkl. Na_2O)	12,78
$4^1/_2\,H_2O$	4,94
	100,00

Aus der **Formulierung** nach Tschermak geht hervor, daß die behandelten Glimmer Biotite darstellen, die isomorphe Mischungen von Muskovit, Olivin und einem weiteren Moleküle sind. Die (MgFe)O reicheren dunklen Biotite I, III und IV enthalten das Molekül $Si_6(AlFe)_4K_4H_2O_{21}$, während die $(AlFe)_2O_3$ reichen helleren Biotite II, V und VI das Molekül $H_2Mg(AlFe)_4Si_2O_{12}$ beigemischt enthalten. Die Berechnung der Glimmeranalysen bestätigt den bereits von Tschermak ausgesprochenen Gedanken, daß die Biotite nicht durchweg ein und derselben Glimmerart angehören, sondern möglicherweise eine isomorphe Mischung von verschiedenen Glimmermolekülen darstellen.

Nach Clarke entsprechen die behandelten Magnesiumglimmer einer isomorphen Mischung von Orthosilikaten, deren Zusammensetzung in der Hauptsache den relativen Formeln von Muskovit, Biotit und Phlogopit gleichgestellt werden können. Das Olivinmolekül Tschermaks wird dabei ersetzt durch das Molekül des Phlogopites $Al(SiO_4)_3Mg_3KH_2$ und das Molekül $Al_2(SiO_4)_6Mg_9$.

Wie aus weiterem hervorgehen wird, haben beide Formulierungsweisen ihre Vorzüge und werde ich bei der Besprechung der chemischen Komponenten näher auf die einzelnen Formeln eingehen.

Biotit-Formulierung nach Tschermak:

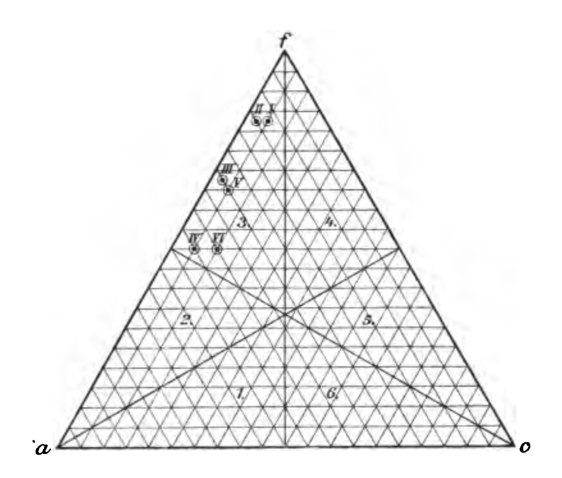
		Muskovit		Olivin	
I.	Biotit aus d. Hornblende-Biotit-Konkretion	2 $Si_6(AlFe)_6K_4H_2O_{24}$	+ 1 $Si_6(AlFe)_4K_4H_2O_{21}$	+ 14 $(MgFe)_2SiO_4$	
II.	„ „ Biotit-Granat-Konkretion . .	2 „ „		+ 9 „ „	+ 1 $H_2Mg(AlFe)_4Si_3O_{12}$
III.	„ „ Pelit-Gneis	6 „ „	+ 3 „ „	+ 28 „ „	
IV.	„ „ Zweigl.-Gneis nördl. Breiteben	2 „ „	+ 1 „ „	+ 12 „ „	
V.	„ „ Grenzgneis v. Maiern . . .	2 „ „		+ 9 „ „	+ 1 „ „
VI.	„ „ Zweigl.-Gneis Moräne d. Rotmoosferner	2 „ „		+ 6 „ „	+ 2 „ „

Biotit-Formulierung nach Clarke:

	Muskovit		Biotit		Phlogopit		Formel des mit ⟶ bezeichneten Moleküls
	$Al_2(SiO_4)_3KH_2$	$Al_2(SiO_4)_3MgR'$	$Al_2(SiO_4)_3Mg_2KH$	$Al_2(SiO_4)_3R'_6$	$Al(SiO_4)_3Mg_3KH_2$	$Al(SiO_4)_3R'_9$	
Biotit I.			1 „ „	1 „ „ ⟶	2 „ „		$Al_2(SiO_4)_3(MgOH)_3K_2H_2$
„ II.		1 „ „	1 „ „	1 „ „ ⟶	1 „ „		$Al_2(SiO_4)_3(MgOH)_4KH$
„ III.	2 „ „					1 „ „	$Al_2(SiO_4)_6Mg_9$
„ IV.			2 „ „	1 „ „ ⟶	2 „ „		$Al_2(SiO_4)_3(MgOH)_2K_2H_2$
„ V.	1 „ „		1 „ „	1 „ „ ⟶	1 „ „		$Al_2(SiO_4)_3(MgOH)_5K$
„ VI.	1 „ „		1 „ „		1 „ „	1 „ „ ⟶	$Al(SiO_4)_3(AlO)_3(MgOH)_3K_7H_7$

Gesteinsformeln nach Osann.

	s	a	c	f	n	k	Tonerde-überschuß
I. Hornblende-Biotit-Konkretion	50,1	2,5	1	16,5	2,3	0,7	—
II. Granat-Biotit-Konkretion	52,6	3	0,5	16,5	1,4	0,8	4,1
III. Pelit-Gneis v. Schwarzsee	69,9	6	0,5	13,5	2,1	1,4	3,5
IV. Zweiglimmergneis v. Breiteben	73,4	9	1	10	5,1	1,3	—
V. Grenzgneis n. östl. Maiern	70,5	6	1	13	5,3	1,5	3,6
VI. Zweiglimmergneis Rotmoosferner . . .	75,5	8	2	10	5,1	1,7	2,3



Die vier letzten Gesteine repräsentieren typisch sedimentogene Gneise. Ihre Stellung im Osannschen

Dreieck ergibt eine ziemlich ähnliche Zusammensetzung. Die aus ihnen entnommenen Glimmer variieren trotz dieser Übereinstimmung ziemlich stark. Der Zweiglimmergneis von Breiteben (IV) und der vom Rotmoosferner (VI) liegen noch im Granitfelde. Trotzdem müssen sie nach ihrer Lagerung und ihren strukturellen Verhältnissen für Derivate von Sedimenten angesehen werden. Der Gneis von Breiteben dürfte wohl von einem Sediment sich ableiten, dessen Chemismus dem eines Granits ähnlich ist, wenn auch der Fe- und Mg-Gehalt schon ein etwas hoher ist, was sich in der Lage des Projektionspunktes im unteren Teile des dritten Sextanten ausspricht. Zu den für die sedimentäre Natur erwähnten Merkmalen kommt beim Gneis vom Rotmoosferner noch ein Tonerdeüberschuß von fast $2^1/_2$ Molekularprozenten. Derselbe steigert sich bei den Gesteinen III und V, ebenso wie die Menge von FeO und MgO. Hier spricht auch das Verhältnis dieser letzteren zu dem sehr geringen Kalkgehalt durchaus für sedimentäre Abstammung, ebenso wie die gegen erstgenannte Oxyde relativ hohe Kieselsäuremenge. Die Projektionspunkte von III und V liegen darum trotz dieses hohen Kieselsäuregehaltes schon im Bereich basischer Gesteine.

Die beiden Konkretionen I und II nähern sich dem Gebiete der Peridotite, von welchen sie aber durch das immerhin reichliche Vorhandensein von Alkali getrennt sind. Die Granat-Biotit-Konkretion (II) mit ihrem Tonerdeüberschuß und verschwindenden Kalkgehalte hat sedimentären Charakter, wie auch schon aus ihrer Struktur hervorgeht. Die Hornblende-Biotit-Konkretion (I) mit ihrem Kalküberschuß besitzt den Charakter einer sehr basischen Ausscheidung aus einem tonalitischen Magma.

D.

Besprechung der Resultate.

a) Die chemischen Komponenten der analysierten Glimmer (siehe Tab. A), mit besonderer Berücksichtigung der Formeln.

Die Kieselsäure kann ihrem prozentualen Gehalte nach ziemlich variieren (Biotit II 37,02%, Biotit VI 33,42%), und zwar bestätigt sich auch hier die bereits von H. Hirschi gemachte Beobachtung, daß den kieselsäurereichsten Glimmern die kieselsäureärmsten Gesteine entsprechen können und umgekehrt. Besonders auffällig ist der geringe SiO_2 Gehalt in Biotit VI, zumal dieser Glimmer nicht, wie man erwarten sollte, einen außergewöhnlich großen Gehalt an Titansäure zeigt. Es ergibt sich bei allen 6 Biotiten kein SiO_2 Überschuß, d. h. das Verhältnis der Kieselsäure (als H_4SiO_4) zu den Metalloxyden ist meist kleiner als 1:1, nur der Glimmer III erreicht dieses Verhältnis.

Biotit	I	II	III	IV	V	VI
Verhältnis SiO_2 : Metalloxyden	8:9	6:7	1:1	15:16	4:5	4:5

Tabelle A.

Analysen der Gesteine.

	I. Hornblende-Biotit-Konkret. Rotbachgraben.	II. Granat-Biotit-Konkretion Schneeberg i. T.	III. Pelitgneis v. Schwarzsee	IV. Zweiglimmergneis östl. Breiteben	V. Grenzgneis nordöstl. Haiern	VI. Zweiglimmergneis v. Rotmoosferner
SiO_2	45,64	45,89	58,87	64,89	61,08	66,65
TiO_2	1,27	0,92	1,27	0,98	0,94	0,67
Al_2O_3	10,62	15,47	14,17	13,10	15,35	14,64
Fe_2O_3	8,09	10,16	8,97	4,99	5,89	3,42
FeO	2,83	3,90	2,24	0,99	1,52	1,98
MnO	—	Spuren	—	—	—	Spuren
MgO	15,87	13,20	4,49	2,73	4,96	2,44
CaO	5,68	0,55	0,24	1,95	0,92	1,25
Na_2O	1,11	0,73	1,07	3,68	2,66	2,74
K_2O	5,76	6,54	6,27	5,46	3,61	4,00
H_2O u. 110°	0,19	0,61	0,19	0,12	0,13	0,14
H_2O ü. 110°	3,28	3,09	2,34	1,60	2,66	2,11
	100,34	100,56	100,12	100,49	99,72	100,04

Analysen der dazugehörigen Biotite.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
SiO_2	36,32	37,02	36,17	34,47	35,70	33,42
TiO_2	1,95	1,65	2,63	3,22	1,86	1,86
Al_2O_3	13,82	15,98	16,26	13,56	18,87	16.91
Fe_2O_3	3,96	8,34	4,88	4,70	3,03	14,83
FeO	10,12	6,94	16,92	17,09	12,45	3,06
MnO	—	—	—	—	—	Spuren
MgO	15,21	16,91	7,91	10,00	13,78	12,55
CaO	0,75	0,66	0,20	0,78	0,25	0,55
Na_2O	2,26	1,74	1,49	1,72	0,88	1,95
K_2O	9,78	6,38	9,42	9,72	8,18	8,87
H_2O u. 110°	1,82	0,43	0,87	1,26	0,52	1,40
H_2O ü. 110°	4,30	3.82	3,07	3,43	4,38	4,41
	99,79	99,87	99,82	99,95	99,90	99,81

Der Titansäuregehalt der vorliegenden Glimmer ist ein relativ geringer. Er steigt selten über 2%, der Gehalt von 3,22 % in Biotit IV ist ein ziemlich hoher. Obwohl bei der Formulierung der Glimmer TiO_2 als vertretbare SiO_2 berechnet wird, zeigen ihre Mengenverhältnisse keine bestimmten Beziehungen. Hingegen verhält sich der TiO_2-Gehalt analog dem Fe-Gehalt, indem TiO_2 Reichtum oft einem großen Eisengehalt entspricht und umgekehrt. Dies mag aus der Tatsache hervorgehen, daß der größte Teil der Titansäure als titansaures Eisen dem Biotit beigemengt ist $2FeO + TiO_2 = Fe_2TiO_4$. Ferner gehören zu den TiO_2 reichen Gesteinen auch TiO_2 reiche Biotite, wie ebenfalls schon von Hirschi beobachtet wurde. Meistenteils entspricht der einfache TiO_2 Gehalt des Gesteins dem mindestens doppelten des Biotits. Durch Entmischung entstandene Ausscheidungen von Rutil und Titanit, die als häufige Einschlüsse in Glimmern zu finden sind, beeinflussen den TiO_2 Gehalt natürlich stark; doch wurde zu diesen Analysen möglichst einschlußfreies Material verwendet und käme dieser Einwand hier nicht in Betracht.

Bei der Formulierung eines Glimmers kommt, abgesehen von seinem SiO_2-Gehalte, zunächst immer der Gehalt an Trioxyden in Betracht, da hiervon die Art der den Glimmer zusammensetzenden Moleküle in der Hauptsache abhängt.

Der Gehalt an Tonerde schwankt in II, III, VI wenig, er ist ziemlich hoch in V und auffällig klein in IV. Dieser geringe Gehalt ist erklärlich durch die zugleich geringe Menge Kieselsäure in IV.

Al_2O_3 wird in ganz verschiedenen Verhältnissen durch Fe_2O_3 ersetzt. So wird in Biotit VI beinahe die

gleiche Quantität, in II ungefähr die Hälfte, in IV etwa der dritte Teil, in III etwa der vierte Teil und in V etwa nur der sechste Teil $Al_2 O_3$ durch $Fe_2 O_3$ ersetzt. Wie groß der Einfluß ist, den der Gehalt dieser Trioxyde auf die Zusammensetzung der Glimmer ausmacht, lehrt ein Blick auf die Formeln. Man sieht, die Glimmer II, V und VI zeigen ganz ähnliche Zusammensetzung sowohl nach Tschermakscher als auch nach Clarkescher Formulierungsweise. Bei ihnen ist das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ größer als in den Biotiten I, III und IV. Nach Tschermak ergibt sich, daß die tonerdereichen Glimmer das Molekül $H_2Mg(AlFe)_4Si_2O_{12}$ neben denen des Muskovits und des Olivins enthalten. Nach Clarke zeichnen sich diese Biotite durch den Besitz je einen dem Muskovit und ein oder mehrerer dem Biotit und dem Phlogopit entsprechenden Moleküle aus. Glimmer II und V sind nach Tschermak ganz gleich formuliert; ihr Unterschied im Wassergehalt kommt bei Clarke im Muskovitmolekül und Biotitmolekül zum Ausdruck. Der an Metalltrioxyden (vor allem Fe_2O_3) reichste Biotit VI enthält als einziger zwei Moleküle $H_2Mg(AlFe)_4Si_2O_{12}$ (Tschermak) und drei einwertige Gruppen (AlO) (Clarke). Hingegen setzen sich die an Trioxyden ärmeren Glimmer I, III und IV nach Tschermak aus den Molekülen: $Si_6(AlFe)_4K_4H_2O_{21}$ und denen des Muskovits und Olivins zusammen. Auch Biotit I und IV sind sich recht ähnlich. Der Mehrgehalt an Olivin nach Tschermak kommt bei Clarke im Biotitmolekül zum Ausdruck. Der Glimmer III, der sich, wie erwähnt, durch sein hohes Sauerstoffverhältnis (1:1) auszeichnet, zeigt im Gehalt von Metalltrioxyden die normalsten Verhältnisse. Seine aparte Zusammensetzung tritt schon in der Tschermakschen Tabelle hervor, mehr aber in der Clarkeschen,

wo er sich durch den Besitz des Moleküls $Al_2(SiO_4)_6Mg_9$ hervortut.

Der Gehalt an Eisenoxydul, der in den vorliegenden Biotiten meistenteils denjenigen des Fe_2O_3 bedeutend übertrifft (ausgenommen VI und II), ergänzt sich durchschnittlich mit dem Gehalte an Magnesiumoxyd zu etwa 25 %. Recht gering ist der Gehalt in Biotit VI, wo die Summe der Metalloxyde nur 15,61 % beträgt. Indessen ist hier die Summe der Trioxyde sehr groß, wie bereits erwähnt wurde. Da in den Biotiten das Eisenoxydul das Magnesiumoxyd vertritt und das Magnesiumorthosilikat $(MgFe)_2SiO_4$ nach Tschermaks Auffassung als Olivinmolekül im Glimmer enthalten ist, läßt sich der Gehalt an diesen Metalloxyden leicht aus der Tschermakschen Formel lesen. Wie und wo Clarke dieselben unterbringt, wurde schon gesagt. — Nimmt man mit Tschermak an, daß die normalen Biotite isomorphe Mischungen von Muskovit- und Olivinmolekülen darstellen, so ergibt sich, daß die dunkle Farbe derselben durch das Olivinmolekül bewirkt werden muß; Muskovit ist ja meist hell gefärbt resp. farblos. Daß mit der Anzahl der Olivinmoleküle die Farbe des Biotits dunkler wird, konnte ich an den vorliegenden Glimmern recht gut beobachten (s. unter „Physikalische Eigenschaften“ usw.). Überhaupt sind die im Biotit enthaltenen Eisenmengen von größtem Einfluß auf die meisten physikalischen Eigenschaften, wie aus den späteren Zusammenstellungen hervorgeht.

Ein Manganoxydulgehalt ist selten, nur Biotit VI enthält geringe Spuren; dieser zeichnet sich zugleich durch seine sehr helle Farbe (kupferrot) aus.

Calciumoxyd ist, wie in allen Magnesiumglimmern, nur in geringer Menge vertreten. Am meisten enthalten

Biotit IV und I mit 0,78 und 0,75 %. Diese beiden Glimmer sind sich, wie erwähnt, auch sonst ähnlich. Sie zeigen außerdem einen starken Alkaligehalt und entstammen den CaO-reichsten Gesteinen. Biotit V und III enthalten nur 0,25 und 0,20 % CaO, bei einem geringen Alkaligehalt; Biotit II und VI halten mit 0,66 und 0,55 % die Wage. CaO spielt, wie MnO. in den Biotiten eine geringe Rolle und wird bei der Formulierung als MgO verrechnet. Bei größeren Mengen tritt es in das Margaritmolekül.

Der Natriumgehalt ist in den untersuchten Biotiten ein relativ hoher und schwankt, mit Ausnahme von Glimmer V, nur wenig. Es wird sich besonders aus der später folgenden Tabelle ergeben, daß der hohe Natriumgehalt ein Charakteristikum der Biotite aus Gneisen ist. Er bewegt sich zwischen $1^1/_2$ und 2 %; er steigt in Massengesteinen nur selten über 1 %.

Der Kaligehalt beträgt selten unter 8 %, kann indessen bis $9^3/_4$ % ausmachen; auffallend niedrig ist er in Biotit II mit nur 6,38 %. Dieser Biotit enthält außerdem die geringste Menge Titansäure und recht wenig Eisen. Na_2O vertritt K_2O in ganz verschiedenen Mengenverhältnissen. Da der Kaligehalt ein normaler, der Natriumgehalt aber meist ein relativ hoher ist, so ergibt sich ein ziemlich hoher Alkaligehalt. Dieser kommt bei Tschermak zum Ausdruck im Muskovitmolekül $Si_6(AlFe)_6K_4H_2O_{24}$ und im Molekül $Si_6(AlFe)_4K_4H_2O_{21}$, bei Clarke in den Molekülen $Al_2(SiO_4)_3R'_6$ und $Al(SiO_4)_3R'_9$; in allen diesen Molekülen wird auch die Hauptmenge des Wasserstoffs untergebracht. Ist in einem Biotit der Wassergehalt ein hoher und der Alkaligehalt daneben ziemlich groß, so ist es einleuchtend, daß man den Wasserstoff in Tschermaks Molekülen nicht voll-

kommen einlagern kann. Der hohe Gehalt an chemisch gebundenem Wasser scheint in den vorliegenden Biotiten ein auffallendes und charakteristisches Merkmal zu sein. Während derselbe in Biotiten aus Erstarrungsgesteinen (s. Hirschis Analysen) kaum 2 % übersteigt, bewegt er sich hier in Paragneisglimmern im Durchschnitt zwischen 3 und 4 %. Bei der Frische der untersuchten Glimmer ist es ausgeschlossen, daß derselbe auf Verwitterungserscheinungen oder auf Übergänge in wasserreichere Mineralien zurückzuführen ist. Übrigens ist der Wassergehalt auch in Orthogneisglimmern manchmal ziemlich hoch, wie sowohl Biotit I, als die in der folgenden Tabelle verzeichneten, aus der Literatur gesammelten Biotitanalysen noch beweisen. Für den hohen Wassergehalt der Paragneisglimmer (II bis VI) möchte ich folgende Erklärung geben. Lossen sagt,[1]) daß die meisten kristallinen Schiefer (nicht inbegriffen die schiefrig entwickelten Massengesteine), teils im Kontakt mit Eruptivgesteinen, teils ohne solchen, immer aber infolge der allgemeinen dynamischen gebirgsbildenden Prozesse auf nassem Wege umkristallisierte Sedimente seien. Der chemische Gehalt des Ausgangsgesteins bleibt im wesentlichen dabei erhalten; doch mögen die Gesteinskomponenten mit komplizierteren Silikatmolekülen sich im Verlauf der Metamorphose leicht in einfachere Moleküle spalten. Bekanntlich enthalten die meisten Paragneise neben Biotit auch eine Menge Muskovit (s. Gneis III, IV, V und VI); ferner geht aus den Tschermakschen Formeln der vorliegenden Biotite hervor, daß jeder mindestens 2 Muskovitmoleküle beherbergt. Wie erwähnt, ist dieses Molekül in der Hauptsache der Alkali- und Wasserträger.

---

[1]) Grubenmann, Krist. Schiefer I S. 6.

Nach Grubenmann (l. c.) ist die mittlere Zone das Hauptgebiet der typischen kristallinen Schiefer. Wie aus dem Mineralbestand vorliegender Gneise zu schließen ist, gehören auch sie dieser Zone an, vielleicht dem tieferen Teile derselben. Nun besteht in diesen Tiefen hoher Druck neben hoher Temperatur, so daß OH-haltige Mineralien noch bestehen können. Biotit hält sein Wasser sehr fest, auch bei höherer Temperatur, welche Eigenschaft ihn befähigt, als einziges OH-haltiges Mineral auch in tieferen Zonen aufzutreten.

Noch möchte ich erwähnen, daß sich Tschermak über den Wassergehalt in Glimmern dahin ausspricht,[1] „daß, von den Beobachtungsfehlern abgesehen, wegen der in fast allen Mineralien vorkommenden Flüssigkeitseinschlüssen der gefundene Wassergehalt im allgemeinen größer sein müsse, als der durch die Theorie geforderte". Wie erwähnt, war es mir nicht möglich, den Wassergehalt der behandelten Glimmer vollständig in der Formel nach Tschermak unterzubringen. Indem Clarke bis zu 9 einwertige Atome (H, K, Li) und einwertige Gruppen (MgOH, AlO) in das Aluminiumorthosilikat für das Aluminium substituierend eintreten läßt, wird er auch wasserreichen Glimmern in seinen Formeln gerecht. — Endlich seien noch die außerordentlichen Verhältnisse der Alkalien zum Wasser angeführt.

Biotit	I	II	III	IV	V	VI
$K_2O : H_2O$ Verhältnis der Alkalien zum Wasser . . .	2:3	1:2	4:5	3:5	2:5	1:2

[1]) Tschermak, Glimmergruppe II. Teil S. 50.

b) Spezifische Gewichte und Farbe der Glimmer und ihre Beziehungen zum Chemismus. (s. Tabelle B.)

Spezifisches Gewicht.

Biotit	I	II	III	IV	V	VI
Spez. Gewicht	2,84	2,92	3,02	2,92	2,99	2,88
Fe_2O_3	3,96	8,34	4,88	4,70	3,03	14,83
FeO	10,12	6,94	16,92	17,09	12,45	3,06
Fe	10,64	11,22	16,58	16,58	11,79	12,76

Das spezifische Gewicht hängt nicht nur vom Fe-Gehalte ab, obgleich eisenreiche Biotite ein relativ hohes und eisenärmere ein niedrigeres spezifisches Gewicht haben (s. Biotit IV und III, I und VI), sondern es sind dabei auch die Alkali- und Wassermengen von nicht zu unterschätzendem Einfluß. So sieht man, daß Biotit II und V im Verhältnis zu ihrem Fe-Gehalt ein relativ hohes spezifisches Gewicht haben. Biotit III und IV haben gleichviel Eisen, aber verschiedene spezifische Gewichte. Hier scheint der in IV sehr hohe Titangehalt, ebenso der höhere Wassergehalt, herabmindernd auf das spezifische Gewicht zu wirken. Die Abhängigkeit des spezifischen Gewichts vom Fe-Gehalte wurde bereits von H. Hirschi (l. c.) wie auch von Zschimmer[1]) erwähnt.

Das spezifische Gewicht der vorliegenden Biotite bewegt sich zwischen 2,84 und 3,02, während es in Biotiten im allgemeinen zwischen 2,8 und 3,2 schwanken kann;[2]) auch das spezifische Gewicht der Gneisbiotite

[1]) E. Zschimmer, Verwitterungsprodukte des Magnesiaglimmers. Diss. Jena 1898.

[2]) C. Hintze, Handbuch der Mineralogie II S. 542.

liegt in gewissen Grenzen. Hier möchte ich nicht unerwähnt lassen, daß Einschlüsse von Rutil, Eisenglanz und Magneteisen das spezifische Gewicht bedeutend erhöhen können, doch kommen solche hier nicht in bemerkenswerten Betracht.

Tabelle B.

Physikalische Eigenschaften der Biotite (II. Art.).

Biotit		I	II	III	IV	V	VI
Scheinbarer Axenwinkel 2 Ea . . .		14° 50′	18° 31′	24° 50′	19° 8′	18° 9′	14° 50′
Farbe im auffallend. Licht		tombakbraun	grüngrau	schwarzgrün	bronzefarb. dunkel	bronzefarb. hell	kupferrot
Pleochroismus	‖ b u. c	braungelb	bräunlichgelb	braun	rotbraun	gelbbraun	rotbraun
	‖ a	bräunlichweiß	blaßgelb	hellgelb	gelbbräunlich	weißgelblich	bräunlichgelb

Die Farbe im auffallenden Licht wird heller mit der Abnahme der Olivinmoleküle und dunkler mit der Zunahme derselben. Dies hängt jedenfalls auch zusammen mit der Sättigung der Farbe durch wachsenden Eisengehalt. Die Farbe im durchfallenden Lichte dürfte sich entsprechend verhalten, sie wurde nicht speziell festgestellt.

Biotit	Anzahl der Olivinmoleküle	Farbe im auffall. Licht
III	26	schwarzgrün
I	14	tombakbraun
IV	12	bronzefarbig (dunkel)
II	9	grüngrau (oliv)
V	9	bronzefarbig (hell)
VI	6	kupferrot

Der Pleochroismus (vgl. Tab. B.) ist durchschnittlich stark. Man sollte erwarten, daß er sich auch mit dem Eisengehalt ändere; ich konnte indessen keine Abhängigkeit konstatieren.

c) Beziehungen zu anderen Biotiten und Vergleiche mit denselben.

(s. Tabelle C.)

Ein letzter Teil dieser Arbeit soll an Hand nebenstehender Tabelle über eine Anzahl zuverlässiger Biotitanalysen[1]) charakteristische Unterschiede aufsuchen im Chemismus von Biotiten typischer Massengesteine, gegenüber solchen aus umgewandelten Massengesteinen (Orthogneisen) und aus sedimentogenen Gneisen. Bei der enormen Verbreitung des Biotits in Gneisen und der relativ geringen Anzahl der angeführten Analysen können die sich ergebenden neuen Gesichtspunkte keinen Anspruch auf allgemeine Gültigkeit machen. Um einen kurzen Überblick zu ermöglichen, schließe ich die Tabelle mit 3 Durchschnittsanalysen ab, die als Mittel aus den angeführten Analysen berechnet wurden. Man ersieht aus ihnen sofort, daß sich die Ortho- und Paragneis-Biotite im Chemismus sehr ähnlich sind. Es sei mir hier gestattet, die Biotite aus Massengesteinen als α-Biotite, diejenigen aus umgewandelten Massengesteinen als β-Biotite und diejenigen aus Sedimentgneisen als γ-Biotite zu be-

[1]) Analyse 1—5 u. 11 v. Hans Hirschi a. a. O.; Analyse 6, 12—14 u. 16 aus H. Rosenbusch. Elemente der Gesteinslehre S. 481 u. 140; Analyse 7, 8 u. 9 aus F. W. Clarke, Analyses of rocks S. 132, 241 u. 252; Analyse 10 aus A. Osann, Beiträge zur chem. Petrographie, II. Teil Anhang; Analyse 15 u. 17—21 vom Autor analysiert.

gesteinen

…el	I. aus Biotit-Konkretion im Zentralgneiß 15
…2	36,32
…3	1,95
…7	18.82
…4	3,96
…9	10,12
…0	—
…8	15,21
…8	0,75
…5	2,26
…0	9,78
…0	1,82
…6	4,30
…0	—
…3	—
…5	99,79

…0 % darstellt.

zeichnen, um die Ausdrucksweise bei der Diskussion zu vereinfachen. Faßt man die prozentualen Mengen der einzelnen Komponenten der α-, β- und γ-Biotite ins Auge, so bemerkt man, daß dieselben gewissen Schwankungen unterworfen sind. Am größten sind dieselben im Fe_2O_3- und FeO-Gehalte, während die relativ geringsten bei der Kieselsäure zu finden sind. Wollte man ganz genau die Verschiedenheit der Konstitution der α-, β- und γ-Biotite erörtern, so wäre es nötig, auf jeden einzelnen Glimmer einzugehen, aus den Molekularproportionen die Formel, resp. die isomorphen Mischungsverhältnisse der die Glimmer zusammensetzenden Moleküle festzustellen. Außerdem wäre es noch von Wichtigkeit, auf die relativen Mengenverhältnisse der Mineralien, sowie event. auch auf die Magmen der Gesteine, aus denen die Biotite entnommen, besondere Rücksicht zu nehmen. Es sei mir gestattet, nur an Hand der Durchschnittsanalysen einen kurzen Überblick zu entwerfen. Angenommen sei, daß die Durchschnittsanalyse der α-Biotite einem normalen aus Muskovit- und Olivinmolekül bestehenden Glimmer entspreche. — Im Vergleich zu diesem sieht man, daß die Kieselsäure in den Gneisglimmern um ein Geringes zunimmt. Es sind die β-Biotite, denen der größere Säuregehalt zukommt, indessen zeigen die γ-Biotite einen normalen Gehalt. Vielleicht beruht der in β-Biotiten höhere SiO_2-Gehalt auf häufigen Quarzeinschlüssen. — Die Titansäure nimmt in β- und γ-Biotiten stark ab. Sie fällt von 3,81 % in α-Biotiten auf 2,24 % in γ-Biotiten. Nun sind bekanntlich in den kristallinen Gesteinen der mittleren und obersten Zonen Titanit, vor allem aber Rutil- und Ilmenitausscheidungen, häufig vertreten. Ich beobachtete dieselben in vorliegenden Gneisen öfters in der Nähe des Glimmers. Man kann also wohl annehmen, daß jene Abnahme von TiO_2 viel-

leicht auf Entmischung beruht. — Der Aluminiumgehalt nimmt in den Paragneisbiotiten zu, und zwar um reichlich $1^1/_2$ %. Allerdings wird diese Zunahme ziemlich ausgeglichen durch den relativ geringen Gehalt an Fe_2O_3. Doch steht diese Abnahme nicht im Verhältnis zu dem Mehrgehalt von Al_2O_3. Jedenfalls hängt diese Zunahme an Metalltrioxyden mit der Anreicherung von Muskovitmolekülen in Biotiten aus tieferen Teilen der mittleren Zone zusammen. Auf wessen Kosten dieselbe geschieht ist bis jetzt noch nicht festgestellt. Regelmäßige Verwachsungen dieser beiden Glimmer sind in den behandelten Gneisen, besonders in den Zweiglimmergneisen, eine ganz gewöhnliche Erscheinung. Eine zwar nur auf α-Biotite und Muskovite bezogene Bemerkung, die A. Knop[1]) niederschreibt, möchte ich nicht unerwähnt lassen. Er sagt: „Der Mangel an Mischungen der verschiedenen Glimmerarten in Gesteinen, worin sie räumlich geschieden, wiewohl gleichzeitig zusammen vorkommen, kann allerdings wohl seinen Grund darin haben, daß beide, Muskovit und Biotit, epigenetische Gebilde darin sind, und zwar Derivate von verschiedenen räumlich getrennt gewesenen Grundsubstanzen. So sieht man Muskovit im Granit aus Feldspat besonders Oligoklas entstehen, während Biotit häufig als aus Turmalin, Hornblende usw. hervorgegangen scheint.“ Auch in kristallinen Schiefern liegt häufig Bildung von Muskovit aus Alkalifeldspat und diejenige von Biotit aus Hornblende vor; indessen sind die zahlreichen Verwachsungen, isomorphen Mischungen sowie Übergänge zwischen beiden Glimmern damit nicht erklärt. Vermutlich haben wir es

---

[1]) A. Knop, Beiträge z. Kenntn. einiger Glieder der Glimmerfamilie. Groths Zeitschr. f. Mineral. Bd. XII S. 588.

hier mit Übergangsstadien zu tun, wobei vielleicht auf Verschiebung von Druck und Temperatur beruhende Prozesse reversibler Natur eine Rolle spielen dürften. Wie erwähnt, ist ja der Biotit in der tiefsten Zone noch beständig, während Muskovit für sich nur bis zur mittleren Zone besteht. Auch dürfte die Molekularvolumenverminderung des Biotits diejenige des Muskovits im Verhältnis vielleicht noch übertreffen, was allerdings noch nicht sicher festgestellt ist.[1]) Ferner hat der Biotit ein größeres spezifisches Gewicht als der Muskovit und wird daher unter hohen Drucken neben hohen Temperaturen eher gegeben sein. Nach allem ergibt sich eine Verschiebung von Muskovit gegen Biotit nach den tieferen Zonen zu, das Umgekehrte gegen die obere Zone hin. Der obigen Annahme zufolge müßte dabei eine Abnahme von Metalltrioxyden, resp. der Muskovitmoleküle stattfinden, was durch weitere Untersuchungen noch zu beweisen wäre.

Im FeO-Gehalt zeigen die Gneisbiotite eine bedeutende Zunahme. Dieselbe gleicht sich aber reichlich aus, indem der prozentuale Gehalt der anderen 3 Metalloxyde MnO, MgO und CaO, die mit dem Eisenoxydul das Olivinmolekül bilden, beträchtlich sinkt. Infolgedessen ist bei den Gneisbiotiten eine geringere Anzahl an Olivinmolekülen vorhanden als in den Biotiten der Massengesteine. Diese Olivinabfuhr ist aber um so erklärlicher, als bereits eine Zunahme an Muskovitmolekülen festgestellt wurde, die jedenfalls mit der Ausscheidung von Metalloxyden in Form von Ilmenit, Titanit usw. Hand in Hand geht. — Auf die bemerkenswerte Zunahme von Na_2O in γ-Biotiten wurde schon früher hingedeutet, ebenso

[1]) U. Grubenmann, Die kristall. Schiefer I. Tab. S. 38.

